

特に長時間熔鋼を鎮靜させれば次第に  $H_2$  含量が増加して来る。従て平爐鋼滓の  $H_2$  附與能力は相當大きなものであるから、熔鋼の  $H_2$  量を軽減するには激烈なる沸騰精鍊を行ふと共に、鎮靜期を過度に長引かせぬことが必要であるし、一層根本的には鋼滓に水分を供給する源となるべき爐内燃焼ガス中の水分を極度に僅少とすることである。

終りに本研究の發表を許可された日本製鋼所に敬意を表すると共に、本研究に對して御懇切なる御指導を賜た俵國一博士、吉川晴十博士及室蘭製作所改良部長黒川慶次郎氏に深甚なる感謝の意を捧げる。又實驗並に装置の工夫等に多大の援助をされた木村熊太郎、金森祥一、岩城尙武及前川敏雄の諸氏に厚く御禮を申上げる。

## 白 點 に 關 す る 研 究 (其の1)

# 白 點 と 水 素 と の 關 係 に 就 て

(日本鐵鋼協會第 17 回講演大會講演昭和十二年四月)

松 山 寛 慈\*  
佐 々 川 清\*  
伊 木 常 世\*

### BEZIEHUNGEN ZWISCHEN WASSERSTOFF UND FLOCKEN IM STAHL.

Kanji Matsuyama. Kiyoshi Sasakawa. Tsur.eyo Iki.,

**SYNOPSIS:**—Die Verfasser sind in der Lage, Flocken in festem Stahl herzustellen, indem Wasserstoff von hoher Temperatur durch das Material geschickt wird. Dasselbe Verfahren kann auch bei geschmolzenem Stahl Anwendung finden.

Nach ihren Erfahrungen ergeben sich folgende Resultate:

- (1) Flocken im Stahl werden entstehen, wenn ein gewisser Betrag an Wasserstoff im Stahl vorhanden ist.
- (2) Für die Bildung der Flocken im Stahl ist nicht nur der Wasserstoff, sondern auch die thermische oder umwandelnde Spannungen von groszem Einfluss.
- (3) Die verschiedene Stahl-Material-Zusammensetzung ist ebenfalls ein wichtiger Faktor für die Bildung der Flocken.

### 目 次

#### 緒 言

#### I 固態の鋼に水素を浸透する實驗

實驗方法 實驗1) 冷却速度の影響 實驗2) 水素浸透温度の影響  
實驗3) 再鍛鍊の影響 實驗4) 再加熱の影響  
實驗5) 粗材の形狀の影響 實驗6) Ar 變態點と白點現出との關係  
實驗7) 成分の影響 實驗結果に對する考察

#### II 熔鋼に水素を導入する實驗

實驗方法 實驗1) 基礎實驗 實驗2) 鍛鍊後の處理の影響  
實驗3) 再熔解實驗 實驗4) キリングの影響  
實驗5) 脱酸劑の影響 實驗6) 鋼塊冷却狀況の影響  
實驗7) 加熱時間の影響 實驗8) 鍛鍊比の影響  
實驗9) 成分の影響 實驗10) 電解鐵による實驗 實驗結果に對する考察

#### III 結 言

#### 緒 言

鋼材の白點は水素によると謂ふ Schenck 及 Musatti

の所謂白點水素説は極めて小規模の又小數の實驗の結果から導かれたものであるが一般に認められ從來の歪力説、不純物説にも勝る有力な原因なりと信ぜらるゝに至た。無論白點は水素のみによるものではないから同時に歪力説をも併せて研究することとした。唯不純物説に就ては實際大鋼塊の製造上にも否定的の事實が多く又説をなすものも僅かに Styri 等數名に過ぎぬから研究としては参考の程度に止めた。

即ち白點の主因が水素にあると謂ふ前提の下に先以て固態及熔態の鋼に水素を浸透して白點を自製する實驗研究を成分と製造とに就て系統的に行た。

本研究の結論が完璧なる白點防止法の決定にあるのは贅言を要しないが熔解作業に於て殆ど完全と思はれる状態でも白點が酸性平爐鋼には現れないのに鹽基性電氣爐鋼では鋼種により往々現出することがあるから其原因は奈邊にあるか、換言すれば平爐(酸性及鹽基性)及電氣爐(酸性及鹽基性)の各々に就て飽くまでも實際製造を基調として本

\* 吳海軍工廠

問題の解決を計るべく着々研究を進めて居る。

### I 固態の鋼に水素を浸透する実験

鋼材を赤熱し之に水素を浸透させて急冷すると白點が発生すると謂ふ所謂白點自製に關する實驗を稍系統的に行て見た。

實驗方法 實驗に使用した装置は次の通である。

爐:— タンマン爐を横にし炭素管中に鐵管を入れ更に磁製管を置き其の中に直径 40mm 長さ 100mm の試料を装入した。

本タンマン爐に依れば 1,200°C 以上の加熱が容易なために之を使用した。水素はポンプから水槽にとり水柱約 50mm の壓力とし硫酸で水分をピロガロールで酸素を脱して爐へ送た。一定時間加熱後試料を出す際には危險防止の爲窒素と切换へ水素をなくし、然る後栓を抜いて試料を水中へ投入する方法を採た。(第 1 圖参照)

供試材料は第 1 表の通である。

第 1 表 試 料 の 成 分

	C	Ni	Cr	Si	Mn
炭素鋼	20	—	—	—	—
〃	50	—	—	—	—
Ni 鋼	40	20	—	—	—
〃	40	30	—	—	—
〃	40	40	—	—	—
Cr 鋼	45	—	10	—	—
〃	40	—	20	—	—
Ni-Cr 鋼	45	15	2	—	—
〃	25	35	8	—	—
〃	48	38	18	—	—

	C	Ni	Cr	Si	Mn
Si-Mn 鋼	49	—	—	10	10
不銹鋼 (EB <sub>0</sub> )	2 >	20 >	120	—	—
〃 (EB <sub>2</sub> )	30	80	180	—	—
〃 (EB <sub>4</sub> )	2 >	80	180	—	—

此の内實驗には主として Ni-Cr 鋼を使用した。蓋し白點問題は専ら本鋼に於て論議されるからである。

實驗 1 冷却速度の影響 Ni-Cr 鋼製試験片を水素氣流中に 1,150°C で 6 時間保ち水中急冷し之を 820°C に 1h 加熱油冷 650°C に 4h 加熱油冷 (以下是等を單に燒入燒戻と記す) をして後長さの中央で切斷研磨の上硝酸腐蝕をしたら寫眞 No.1 上部の如く放射狀に大小多數の疵の發生を見た。之を縦斷したのが中部の寫眞で中心部は熱處理組織であるにも拘らず兩側は粒子狀で其の中に明かに白點が多數存在して居た。下部の寫眞は試料の長さの端面から 10mm 距た部分の横斷面で無数の白點が現出して居るが其の方向は中部の斷面と全然異なる。猶又試料の外側には全然疵が見當らない。

No. 2 は同様の試料を空氣中で 1,150°C に加熱水冷し前述同様の熱處理を施し切斷検査を行たもの。

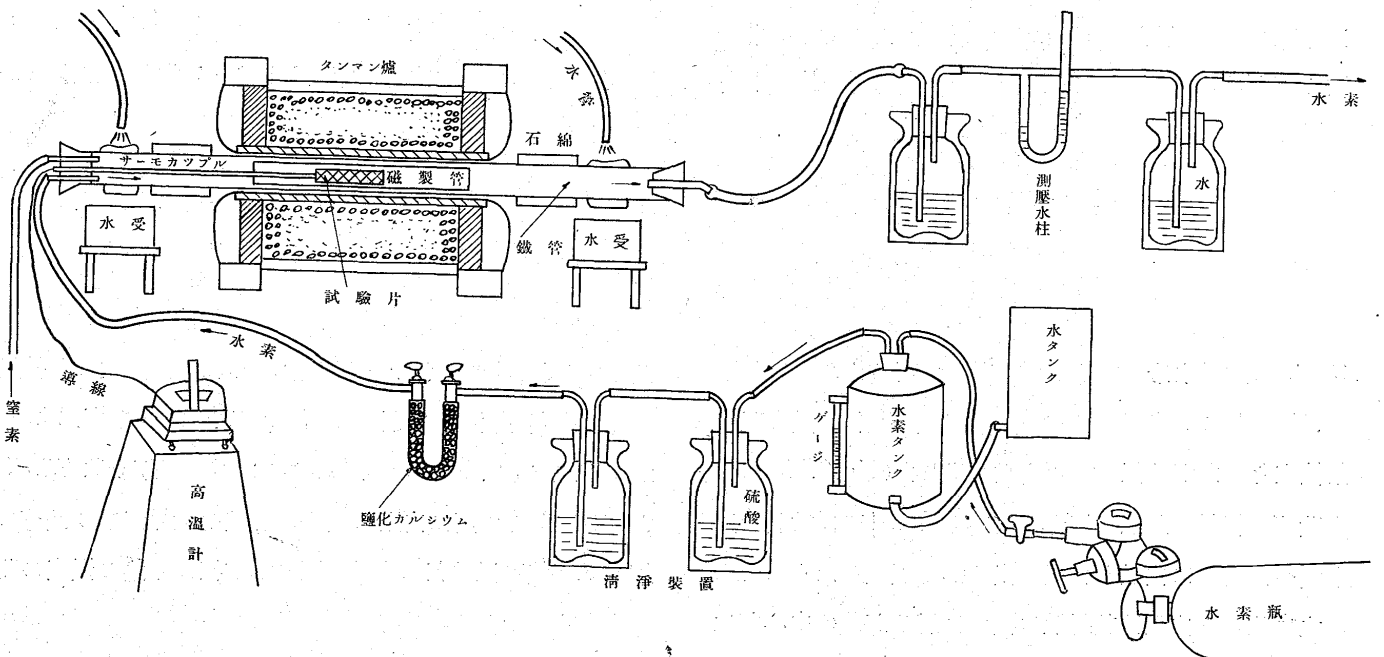
No. 3 は No. 1 と同様水素を 6 時間通した後試料を爐中で緩冷したもので其の後の處理は前述同様 (燒戻溫度を低下したのは試料が靱くて折れなかつた爲) である。

以上の實驗から次の事實が知られる。

①本材料には元々白點はなかつた。猶空氣中では此の溫度に加熱急冷しても何等疵は現出しない。

②水素中で加熱しても其の後之を緩冷すれば白點は現出

第 1 圖 水 素 滲 透 試 驗 装 置



しない。

③水素中で加熱し急冷すると白點が発生する、即ち本白點は確に水素が影響してゐる。

本實驗から次の事柄を推論し得る。

①本鋼は  $1,150^{\circ}\text{C}$  で容易に水素を浸透せしめる。高温度では水素は浸透容易であると同時に又放出も容易である

②水冷した試料の表面に疵が少しも発生しないのは急冷に際し外側の水素は最早放出されてなくなって居り、内部の水素が外側へ出て來るときは外側は既に温度が低下し水素の擴散が困難となる爲と考へられる。白點が外側に現はれないといふ事實は從來大鋼塊に於ても見られたのであつて本實驗は簡單明瞭に之を裏書して居る。

實驗 2 水素浸透の温度の影響  $1,150^{\circ}\text{C}$  では前述の様に白點が発生するが  $1,000^{\circ}\text{C}$  でも同様に現出する。No.4 は之を示す。然し  $850^{\circ}\text{C}$  で水素氣流中で加熱し急冷したものには白點は現はれない (No.5)。

此の事實は Musatti が實驗したのと同様である。 $850^{\circ}\text{C}$  は本鋼の Ac 變態以上の温度であつて本實驗から見て此處に現れる白點が變態歪に依るよりは先づ第一に水素の浸透に關聯するものなることを明かに知ることが出来る。

實驗 3 再鍛鍊の影響 白點が再鍛鍊によって消失するか、せぬかの問題は從來屢論議せられたことである。之を明白にする爲水素中で  $1,150^{\circ}\text{C}$  に 6 時間加熱し水冷して内部には白點が発生して居るが外部には全然現はれぬ試料 (念の爲之を一部分切斷して見たが粒子が粗く白點が判然としなかつたので更に之の面を研磨し一寸腐蝕したら白點が明かに現れて居た (No.6)) を縦に据えて長さを半分とし之を又横に鍛鍊して元と同徑にし焼入焼戻を施し中央部で切斷し此の面を研磨し又縦の破面も検査したが全然白點を見なかつた (No.7) 即ち白點は再鍛鍊により熔接されて消失することを示し得た。

實驗 4 再加熱の影響 一度白點の現出したものを高温度に加熱して白點が消失するか否かを見る爲に水素中で  $1,150^{\circ}\text{C}$  に加熱水冷して白點を内藏して居るものを空氣中で  $1,150^{\circ}\text{C}$  に 1 時間及 6 時間加熱し爐冷を行ひ熱處理後切斷検査をしたが依然として白點は現れた (No.8, No.9)

實驗 5 粗材の形状の影響 寫真 No.10 は試料の形状を變へた場合に白點が何處に出るかを實驗したものである。之に依ると白點は放射狀に出ては居るが其の中心部は移動して居り切込の附近及試材の縁の部分には出ないこと

が判明したので次に孔をあけて同様の試験をした處孔の周圍には白點は現出して居なかつた。

猶内孔に近い所の白點が同心圓的であるのは興味がある (No.11)。肉厚の大なるとき ( $15\text{mm}$ ) は No.11 の様に白點が出るが肉厚が薄くなる ( $5\text{mm}$ ) と No.11' の様に白點は出ない。

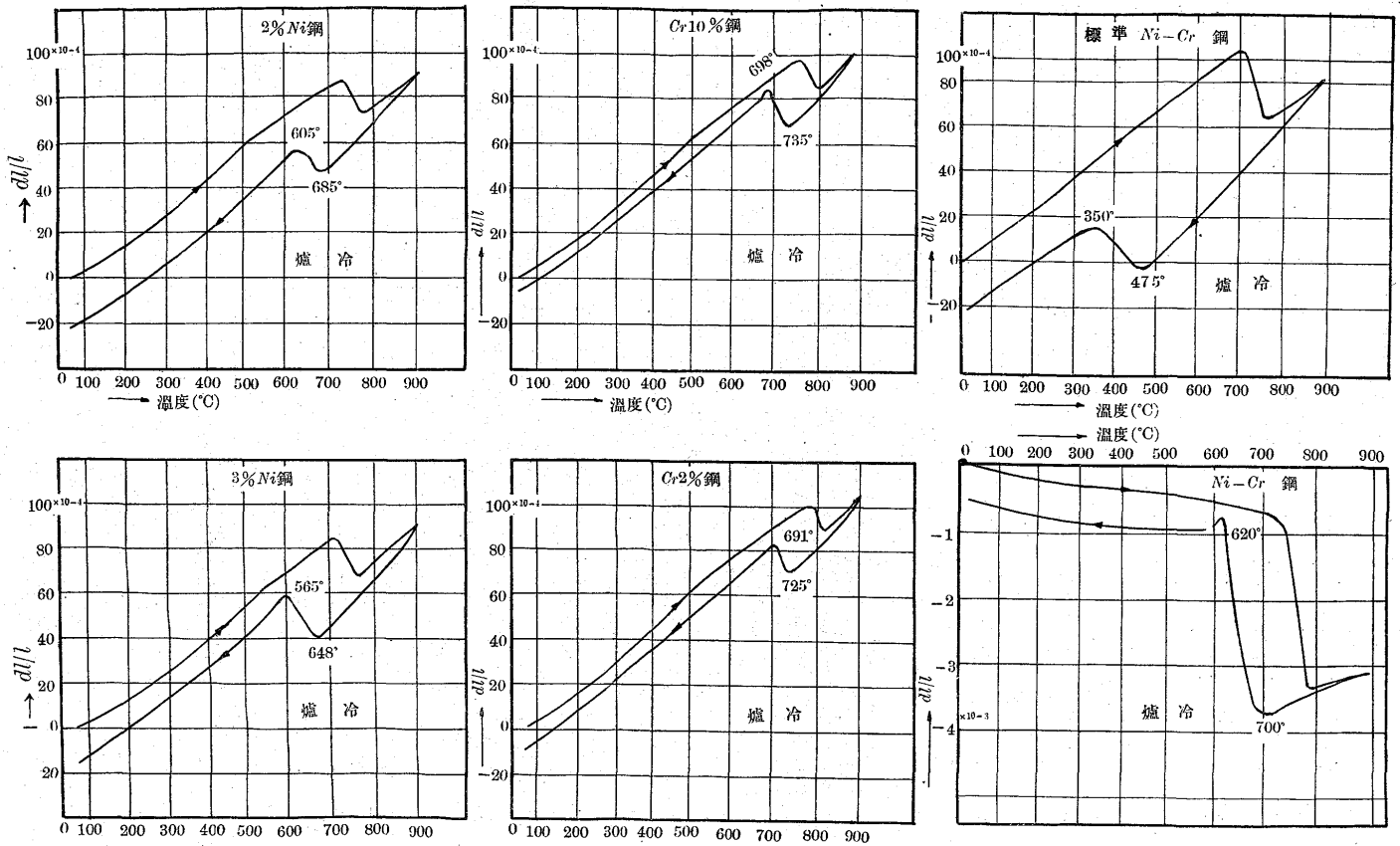
實驗 6 Ar 變態點と白點現出との關係 標準 Ni-Cr 鋼を水素氣流中で  $1,150^{\circ}\text{C}$  に熱し 6 時間同温度に保ち水冷したものには幾度實驗しても白點が現出する (No.12)。

依て同様試料を水素氣流中で  $1,150^{\circ}\text{C}$  に 6 時間保温後水素を通じながら  $300^{\circ}\text{C}$  迄温度を低下し其の温度から水冷した處が白點は発生しなかつた (No.13)。次に同じく  $1,150^{\circ}\text{C}$  で加熱後水素を通じながら  $850^{\circ}\text{C}$  迄下げて其の温度から水冷して白點が出るか否かを實驗した處白點が現出した (No.15)。

其處で白點の發生は  $300^{\circ}\text{C}$  と  $850^{\circ}\text{C}$  との間に起るものと考へて其の間の温度について實驗してみると  $600^{\circ}\text{C}$  から水冷したのものには白點が出たが (No.16)  $450^{\circ}\text{C}$  から水冷したのものには殆んど白點の出ない (No.17) ことが判明した。此の標準 Ni-Cr 鋼の Ar 變態點は  $500\sim 450^{\circ}\text{C}$  附近であることから見て白點の發生は變態點に關係があることが推定されるに到た (No.18, No.19 は  $1,150^{\circ}\text{C}$  に水素氣流中で加熱後水素を通ぜず爐中冷却をして  $850^{\circ}\text{C}$  及  $600^{\circ}\text{C}$  で水冷したもので何れも白點の發生を見た。恐らく冷却速度が比較的早いので水素が擴散放出出来なかつた爲であらう)。此の事實は Schenck の所謂白點の發生は鋼種の如何に拘らず  $200\sim 300^{\circ}\text{C}$  で起るといふ説と相反するので更に之を明瞭ならしむべく此の標準 Ni-Cr 鋼以外の成分のものについても變態點の上下で水冷して白點を検した處吾々の推論の正しいことが判明した。No.20, No.21 は Ni, Cr の量の少い Ni-Cr 鋼の例で白點は  $750^{\circ}\text{C}$  から急冷したものには現れるが  $550^{\circ}\text{C}$  から急冷したものには出現しない。その他純 Ni 鋼 (Ni 2% 及 3%) 純 Cr 鋼 (Cr 1% 及 2%) に就て試験した結果も此の事實を裏書して居り 1% Cr 鋼では  $800^{\circ}\text{C}$  と  $650^{\circ}\text{C}$  2% Cr 鋼では  $800^{\circ}\text{C}$  と  $650^{\circ}\text{C}$  2% Ni 鋼では  $750^{\circ}\text{C}$  と  $550^{\circ}\text{C}$  との間に白點の發生の有無の境界があり是等の鋼の Ar 變態點は何れも第 2 圖に示す様に上述の温度の間に現れるのである。

實驗 7 成分の影響 炭素量 0.2% 及 0.5% の純炭

第 2 圖



素鋼  $Cr 1\%$  及  $2\%$  鋼,  $Ni 2\%$  及  $3\%$  鋼, 2 種の  $Ni-Cr$  鋼並に 3 種の不銹鋼について試験した。何れも  $1,150^{\circ}C$  で水素を通じて 6 時間保持後水冷して夫々適當の熱處理をして中央部を切斷し其の面を腐蝕して白點の有無を検した。其の結果は成分に依て白點の出るものと出ないものがあつて  $0.2\%$  の純炭素鋼には白點は全然出ないけれども (No. 22)  $0.5\%$  の純炭素鋼には多少疑はしい龜裂を生じた (No. 23)。Cr 鋼は  $1\%$  のものも  $2\%$  のものも明かに白點が発生する (No. 28, No. 30)。 $2\%$   $Ni$  鋼には白點が現れるかどうか疑しい (No. 32)。 $Ni$  が  $3\%$  になると白點が出現する (No. 34)。

$Ni-Cr$  鋼になると標準鋼は勿論  $Ni, Cr$  が少くても (No. 24) 歴然たる白點が発生する。又不銹鋼の中でも 18-8 系のもので  $1,000^{\circ}C$  以上から急冷することによって完全なオーステナイトになるものには白點は出ないが (No. 25, No. 27)  $Cr$  の多い  $EB_0$  の如き稍マルテンサイトの残ると考へられるものには白點と疑はれる様な龜裂が多數現出した (No. 26)。

實驗結果に對する考察

1) 成分の相違に依る影響  $0.2\%$  の純炭素鋼に於て

は白點が認められなかつたのは從來謂はれてゐる事實と合致し  $0.5\%$  の純炭素鋼に白點と疑はしい龜裂が生じたことも從來比較的高炭素の炭素鋼に白點出現の有無が議論された事實を裏書するものである。又  $Ni-Cr$  鋼に白點の出ることは多くの統計に見る處でありオーステナイト系のものに白點が出ないことも從來の事實と合致し又變態歪發生の餘地のない處からして白點に關する假説的理論と矛盾することがない。猶本實驗に於て  $Cr$  鋼が  $Ni$  鋼に比し白點に對して感受性が著しく大であることは注目すべきことと今後研究に資すべき興味ある事實である。

2) 變態點 ( $A_{r1}$ ) の影響 E. Houdremont, H. Korschan は實驗の結果白點は  $200\sim 300^{\circ}C$  の溫度範圍で出るものであると斷定し鋼材を冷却するときの變態點  $A_{r1}$  には無關係であると謂て居り H. Korschan, H. Müller は之を熔鋼中の水素の發生壓によるものであると説明し E. Houdremont, H. Korschan の説に賛成してゐる。Musatti も是等の説に反對はして居ない。

然し吾々のやつた實驗によると白點は水素に基因することは確實であるが白點の發生は又明かに鋼の變態に關係があることが認められた。即ち鋼の變態による歪と水素の發

生壓との二因子が結合して初めて白點が出来るのであつて圓筒材に於て白點が多くの場合放射状に出ること等はどうしても變態による歪を考へなければ説明出来ない。

3) 鍛鍊の影響 從來鍛鍊に依て白點が消滅することに就ては議論されたが吾々の實驗の結果によれば白點は鍛鍊に依て明らかに消滅する。鋼中の水素に依て生じた内部龜裂は酸化されて居ないから再鍛鍊に依て鍛接されるものと思はれる。

此のことは熔鋼中に水素を導入した實驗に於ても同様の結果を得て居る。

4) 形状の影響 水素浸透實驗によると中空の試料は實體のものに比して白點の出方が異り中空のものでも其の肉厚が薄いものは激しい處理をしても白點が生じないことは中空鍛鍊法が實體鍛鍊法よりも白點が出難いと謂ふ從來の文献や吾々の經驗とよく合致して居る。

肉厚の薄い中空のものに白點が出難いことは水素の擴散し易いことと夫が熱的歪變態による歪の少いと謂ふ双方の原因に基くものと考へられる。

5) 水素分析結果から見た白點の發生狀況 鋼中の水素の分析に就て未だ正確な方法が定められて居ないので判然しないが試みに *Ni-Cr* 鋼の水素浸透に依て白點が出たものと出ないものに就て同時に水素分析をした處次の様な結果が得られた。

處 理 法	白 點	$H_2$ (%)
水素中 1,150°C × 6 時間水冷 820°C × 1 時間油冷 650°C × 4 時間油冷	有	0.0077
水素中 1,150°C × 6 時間爐冷 850°C × 6 時間油冷 500°C × 4 時間油冷	無	0.0105

此の結果から見ると爐冷したものは水素を多く含有して居るに拘らず白點が出ないが急冷したのものには白點が出て然も水素含有量が却て少ない。白點の出た試料は Schenck の謂ふ様に水素が白點の龜裂の所に集合して逃げたと考へても差支へない様である。

## II 熔鋼に水素を導入する實驗

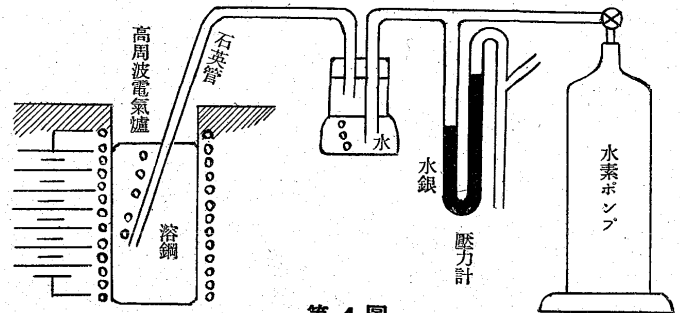
熔鋼中に水素を通じ急冷すると白點が発生すると言ふ所謂 白點自製 に関する實驗を固態の鋼に於けると同様熔鋼に就て行た。

實驗方法 實驗に使用した装置は第3圖の通である。即ち 50 kg 容量の鹽基性高周波爐で熔解した鋼浴に一定氣

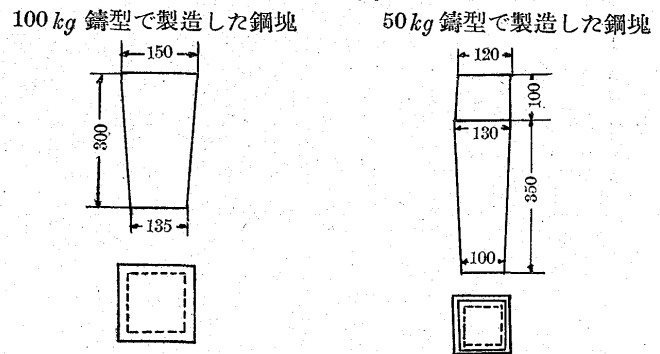
壓下で水素を一定時導入し之を 100 kg 或は 50 kg の角型鑄型に注型した。

かくして製造した鋼塊を一定溫度で丸棒に鍛鍊し之を水冷竝に空冷したものについて適當な焼入焼戻を行ひ丸棒の中央を切斷し腐蝕して白點の有無を試驗した、尙更に之を中央から破斷して白點の現出狀態を精細に確めた。

第 3 圖



第 4 圖



實驗 1) 基礎實驗 容量 50 kg の高周波爐で標準 *Ni-Cr* 鋼を熔解し之にポンプの水素を 1.1 atm で石英管を通じて吹き込む。水素を約 7 分間通じてから熔鋼を充分鎮静せしめ 100 kg の四角なケースに注型して凝固させた。熔鋼が凝固するとき水素ガスの逃逸するのを防ぐ爲に注型後直に頂部に水をかけて冷却した。斯の様にして造た。50 kg 鋼塊を鍛鍊溫度 (1,250°C) に加熱し其の溫度に到達すること同時に 1 回で直徑 100 mm の丸棒に鍛延した。

鍛鍊比は何れも略 2:5 である。鍛鍊後本材を直ちに水冷し次で 850°C 油焼入 650°C 油焼戻の熱處理を行ひ丸棒の中央部を切斷し腐蝕して見た、其の結果は No.50 に示す如く全面放射状の龜裂を生じて居た。更に之を縦斷したものは寫眞の様に明かに白點があつた。此の白點が再鍛鍊によつて消失することは前述の浸透法によつた場合と同様である (No.51)。

次に標準 *Ni-Cr* 鋼を熔解して之に同一の方法により水素の代りに窒素を 10 分間吹き込んだ後同様の鋼塊を鑄造し鍛鍊及熱處理後、白點の有無を検したが鍛鍊後水冷した

ものにも、空冷したものにも白點或は白點らしい龜裂を發生しなかつた(No.52)。即ち白點は水素を多量に含有する鋼にのみ發生することを證した。

實驗 2) 鍛 後の處置の影響 實驗 1) に依て熔鋼に水素を導入する方法でも白點を發生させ得ることを確められたので次に鍛鍊後の冷却状況を實際の作業に近くする爲に鍛鍊後空冷し白點の有無を調べた。

試料は實驗 1) と同様標準 *Ni-Cr* 鋼に就て熔鋼中に水素を導入した後 50 kg の押湯なしの鋼塊を作り鍛鍊後切半して底部側は水冷、頂部側は空冷して試験した結果双方共白點を生じた(No.53)。但し空冷した方は水冷したものに比べて幾分白點の發生が少い。

實驗 3) 再熔解實驗 實驗 1) 及 2) に於て白點を發生させた標準 *Ni-Cr* 鋼の殘材を再熔解して實驗 2) と同様の試験を試みた。之によると鍛鍊後水冷したものに於てすら焼割は生じたけれども白點は發生しなかつた。即ち一旦水素を導入して白點を發生させた材料でも之れ位の小鋼塊に於ては之を再熔解再鍛鍊すると鋼の中に含有されて居る水素は是等の工程中に擴散して完全に逃逸するものと考へられる。

實驗 4) キリングの影響 標準 *Ni-Cr* 鋼を熔解して之に水素を 10 分間導入し脱酸剤を加へて後 35 分間放置して後注出し之を實驗 2) と同一の要領に依て試験した。其の結果は鍛鍊後水冷したものには依然として白點が存在し、空冷したものにすら白點の出現を認めた(No.54)

此の實驗の結果からすれば水素が一旦熔鋼中に入れば單に熔解爐の中で長時間キリングするのみでは容易に逸脱しないことが明白となった。

實驗 5) 脱酸剤の影響 實驗 1)~4) に於ては脱酸剤としては總て *Al* を使用したが今回は標準 *Ni-Cr* 鋼を熔解してメタリツク珪素だけで(使用量 50 kg 當り 210 g) 鎮靜して見た。其の結果は *Al* を使用した場合と同様多數の白點が出現した(No.55)。次にマンガン鐵だけで鎮靜したものに就て同様の實驗を試みたが此の場合には注型後鎮靜せず明かに多數の氣孔の存在を豫知したので其の儘中止した。

更に極端な場合として全然脱酸剤を使用しない場合についても同様の實驗を試みた。即ち標準 *Ni-Cr* 鋼を熔解して水素を 10 分間導入した後之に脱酸剤を全然添加せず其儘注型し、實驗 2) の要領に依て白點の有無を検した。鍛

鍊後水冷したものには多數の氣泡の潰れたものの存在を認められたけれども明確な白點は發見出来なかつた(No.56)。即ち熔鋼の水素吸収量は脱酸剤の添加の多少、換言すれば熔鋼中の酸素量に著しく支配されるものと思はれる。故に實際に鋼を熔解する際に不必要な過脱酸を行ふことは熔鋼中の水素吸収量を増加する恐れがあつて危険であるから注意を要する。

實驗 6) 鋼塊冷却状況の影響 實驗 1)~5) は總て熔鋼 50 kg を 100 kg の鑄型に注型し、頂部を水冷して製造した鋼塊に就て試験したが本實驗に於ては熔鋼 50 kg に水素を 10 分間吹き込んだ後押湯のある正規の鋼塊を作り之を鍛鍊比 2.5 (實驗 1) の場合と同様に鍛鍊して白點の有無を検した。

其の結果は No.57 に示す様に鍛鍊後水冷したものにも空冷したものにも白點は生じなかつた。

然し此の正規の鋼塊は其の切斷面積が小さい爲に直に實驗 1) 及 2) の結果と比較することは不合理であるから更に同種鋼塊を次の様な要領に依て製造して同様の試験を施行した。

- (イ) 正規の鑄型に押湯を付けず頭部を水冷したもの。
- (ロ) 100 kg の鑄型に注型後頭部に藁灰を置いて徐冷したもの。

試験の結果 (イ)には白點が出た(No.58)。(ロ)にも白點は出たけれども其の程度は注型後頭部を水冷したもの(例へば No.53) に比べて可成少い(No.59)。

此の實驗結果から見ると實驗 4) に依て明かな通り水素は熔狀の鋼からは容易に逸出しないけれども凝固の際には相當擴散し逸出することが確められた。

是等の事實から見て注型時の溫度、鋼塊の形狀及押湯の大きさ等が從來白點の發生に重大なる關係があると考へられたことも首肯される。

實驗 7) 加熱時間の影響 鋼塊中の水素は鍛鍊前に長時間加熱すれば擴散して或程度逸出すると考へ得る。實驗 1) と同様の方法で製造した標準 *Ni-Cr* 鋼塊を 10 時間灼熱後鍛鍊し試験した結果は何れも白點は出なかつた(No.60)。即ち長時間加熱に依て水素が充分擴散した爲に鍛鍊後苛酷な處理をしても白點は發生しなかつたものと考へられる。

實驗 8) 鍛鍊比の影響 標準 *Ni-Cr* 鋼に水素を導入して實驗第一と同様にして 50 kg の押湯なしの鋼塊を作り

之を鍛鍊比 1.5, 3 及 5 に鍛鍊して水冷し熱處理後各断面に就て白點を調査した處皆多數の白點の存在が認められた (No.61)。此の實驗結果から見ると白點は鍛鍊比には無關係に發生する。

實驗 9) 成分の影響 鋼の成分の影響に就ては固態の鋼に水素を浸透させて試験した結果と比較検討する爲 實驗 1) と同様の方法に依て各種元素個々の影響に就て實驗を行た。

熔鋼中に水素を導入する時間は何れも 1.1 氣壓 10 分間に一定した。

供試材料の成分並に試験結果を要約すれば第 2 表の通である。

本實驗の結果は第 1 章第 7 項の實驗結果とよく一致して居る。即ち Cr 鋼, Mo 鋼, Mn 鋼, V, W, Ti 鋼等は白點に對して頗る敏感で炭素鋼, Si 鋼, Cu 鋼及 Co 鋼等は白點發生の危険が少く, Ni 鋼は Ni 2% 以上になって白點を認められる。オーステナイト鋼には白點は發生しないことが明かとなった。

第 2 表

	化學成分(%)							鍛鍊後の冷却方法	
	C	Ni	Cr	Mo	Cu	Mn	Si	水 冷	空 冷
炭 素 鋼	.30	—	—	—	—	—	—	微小銀色 粒子あり	なし
	.50	—	—	—	—	—	—	なし	なし
	1.00	—	—	—	—	—	—	白點あり	なし
Ni 鋼	.25	1.00	—	—	—	—	—	なし	なし
	.25	4.00	—	—	—	—	—	白點あり	なし
Cr 鋼	.25	—	.50	—	—	—	—	白點あり	なし?
	.25	—	1.00	—	—	—	—	?	なし
	.25	—	2.00	—	—	—	—	白點あり	なし
	.25	—	4.00	—	—	—	—	白點あり	あり
Mn 鋼	.25	—	—	—	—	1.00	—	微小白點 あり	なし
Si 鋼	.25	—	—	—	—	—	1.00	なし	なし
Cu 鋼	.25	—	—	—	1.00	—	—	なし	なし
Mo 鋼	.25	—	—	.30	—	—	—	白點あり	なし
	.25	—	—	1.00	—	—	—	白點あり	白點少 しあり
10% W 鋼	—	—	—	—	—	—	—	白點あり ?	2 個あ り?
10% Co 鋼	—	—	—	—	—	—	—	なし	なし
2% V 鋼	—	—	—	—	—	—	—	微小白點 あり	僅にあ り
5% Ti 鋼	—	—	—	—	—	—	—	白點あり	白點あ り
不 銹 鋼	.45	.8	.50	.17	.00	—	—	なし	なし
	.18	.27	.13	.00	—	—	—	なし	なし

實驗 10) 電解鐵による實驗 以上諸實驗は何れも熔鋼中に水素ガスを直接導入するのであるから實作業と甚しい懸隔がある。故に本實驗に於ては水素を含有して居ると考へられる装入材料 (電解鐵, 電解ニッケル) を多量に配合して製造した 50 kg 鋼塊に就て試験した。

其の試験の結果を要約すれば次表の通りである。

鋼 種	電解ニッケル 配合量 (kg)	電解鐵配 合量 (%)	鍛鍊後 の處置	結 果
Ni-Cr 鋼 { C = 0.25 Ni = 3.5 Cr = 0.8 }	1.7	20	水冷 空冷	割疵あり 疵なし
	1.7	30	水冷 空冷	疵なし 疵なし
Ni-Cr 鋼 { C = 0.28 Ni = 2.0 Cr = 2.0 }	0.77	30	水冷 空冷	白點あり 疵なし
	0	0	水冷 空冷	割疵あり 疵なし

本實驗の結果次の事項が判明した。

- ① 標準 Ni-Cr 鋼 (C .25%, Ni 3.5%, Cr .8%) は電解鐵を 30% 配合しても白點を發生しない。
- ② Ni-Cr 鋼でも C .28%, Ni 2.0%, Cr 2.0% のもの即ち Cr の含有量の多いものならば電解鐵を 30% 配合し鍛鍊後水冷すれば白點を發生する (No.82)。
- ③ 然るに②と同様成分の普通配合のものは鍛鍊後之を水冷しても白點を發生しない (No.83)。
- ④ 前述の結果から水素ガスを直接導入せず水素を含有する装入材料を使用して間接に水素を熔鋼中に添加する方法でも白點を發生させ得ることが確められた。

實驗結果に對する考察 標準 Ni-Cr 鋼に就て實驗した結果吾々は次の様な事實を知た。

- 1) 熔鋼に水素を導入する方法に依ても吾々は意識的に白點を發生させることが出來た。即ち熔鋼中に水素を多量含有する場合には 50 kg の鋼塊でも白點を發生する。
- 2) 水素を多量に含んで居る鋼塊は鍛鍊後空冷しても白點は發生する。
- 3) 熔鋼中に水素を多量に含んで居る場合には注型前に長時間キリングするだけでは水素は容易に逃逸しない。
- 4) 熔鋼を過脱酸することは熔鋼中に水素を多量に吸収させる傾向がある。
- 5) 注型後の鋼塊の冷却状況は水素の逸出, 換言すれば白點の發生に重大な關係がある。
- 6) 50 kg 程度の小鋼塊ならば之を長時間加熱すれば水素は殆んど完全に逸出する爲白點は發生しない。
- 7) 白點の發生は鍛鍊比には關係がない。
- 8) 成分の影響に關しては第 I 章の水素浸透實驗の場合と同様の結果を得た。

9) 熔鋼中に直接ガス體の水素を導入しないで水素を多量に含有する装入物を多量に用ひても白點を發生させることが出來た。

### III 結 言

第 I 章に於ては固態の鋼に水素を浸透せしめ第 II 章に於ては熔態の鋼に水素を導入せしめ共に白點を自製する實驗に豫期の成果を收めた。

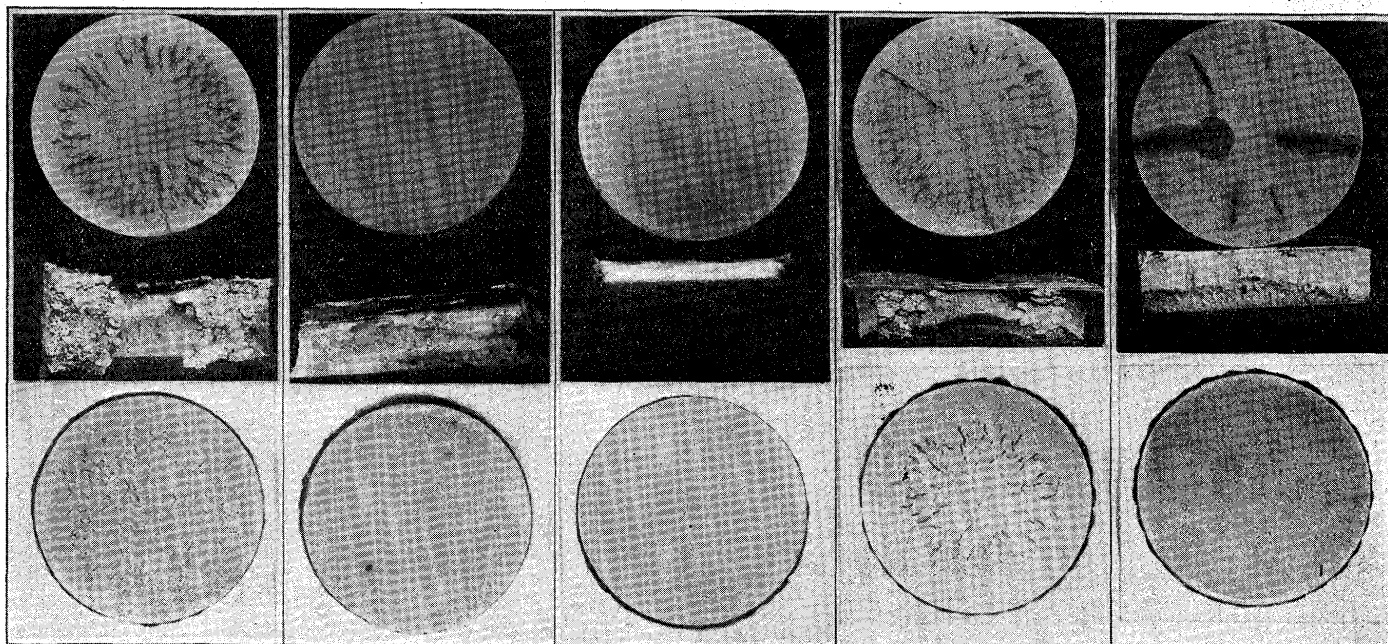
本實驗の結果を綜合し吾々は次の事實を確認した。

1. 白點は水素を多量に含有する鋼に發生すること。
2. 白點の發生は單に水素だけでなく熱又は變態歪力も重大な影響があること。
3. 白點發生の可能性は鋼の成分に依て異なること。

吾々の白點に關する研究の目的は今後上述の第 2, 第 3 の事項を參照し第 1 の事實に對し主として實際の熔解作業に於て此の事實を確め以て白點防止の確實な對策を講ずることにあつて本報告は單に其の序に過ぎない。目下本報告の結論を基調として更に 3t 及 6t の電氣爐を用ひて白點と水素との關係を究明し、所期の白點防止對策を決定する爲に尙研究中である。

本實驗遂行に當て種々御教示を戴いた宇留野製鋼實驗部長に厚く謝意を表し併せて堀田、村本、曾我部三君の熱心なる御助力に深謝する。  
(終)

No.1 (Ni-Cr 鋼)		實驗第 1 冷却速度の影響		實驗第 2 水素浸透温度の影響		
D=40	L=100	No.2 (Ni-Cr 鋼)	No.3 (Ni-Cr 鋼)	No.4 (Ni-Cr 鋼)	No.5 (電氣爐製 Ni-Cr 鋼)	
水素中 1,150°C×6h 水冷	820°C×1h 油冷	空氣中 1,150°C×1h 水冷	水素中 1,150°C×6h 爐冷	水素中 1,000°C×6h 水冷	水素中 850°C×6h 水冷	
820°C×1h 油冷	650°C×4h 油冷	820°C×1h 油冷	850°C×1h 油冷	850°C×1h 油冷	850°C×1h 油冷	
		650°C×4h 油冷	500°C×4h 油冷	500°C×4h 油冷	500°C×4h 油冷	

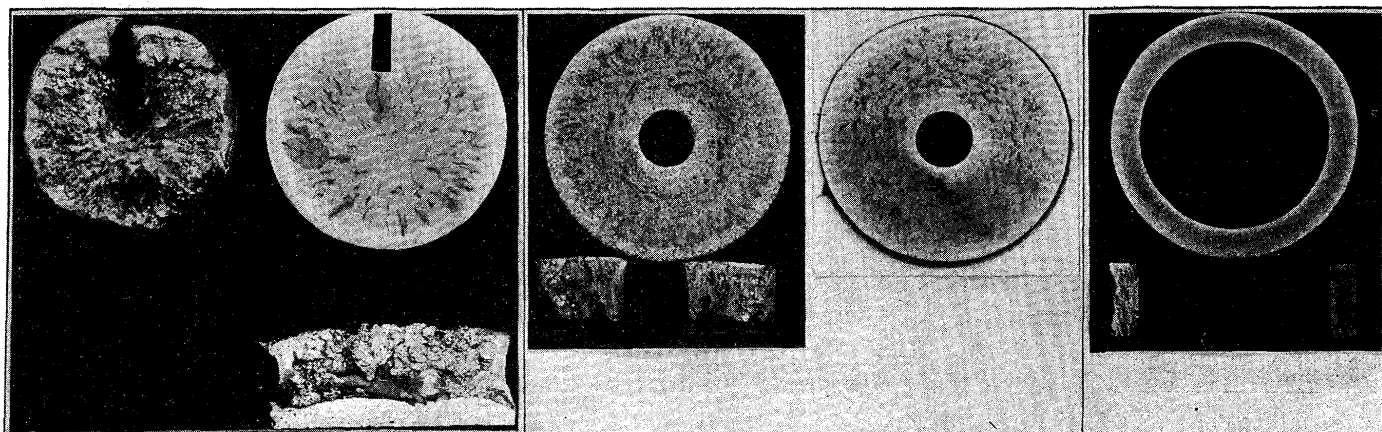


中央

端面より 10mm

### 實驗第 5 粗材の形狀の影響

No. 10 (Ni-Cr 鋼)	No. 11 (平爐製炭素鋼)	No. 11 (Ni-Cr 鋼)
水素中 1,150°C×6h 水冷	水素中 1,150°C×6h 水冷	水素中 1,150°C×6h 水冷
820°C×1h 油冷	850°C×1h 油冷	850°C×1h 油冷
650°C×4h 油冷	500°C×4h 油冷	500°C×4h 油冷

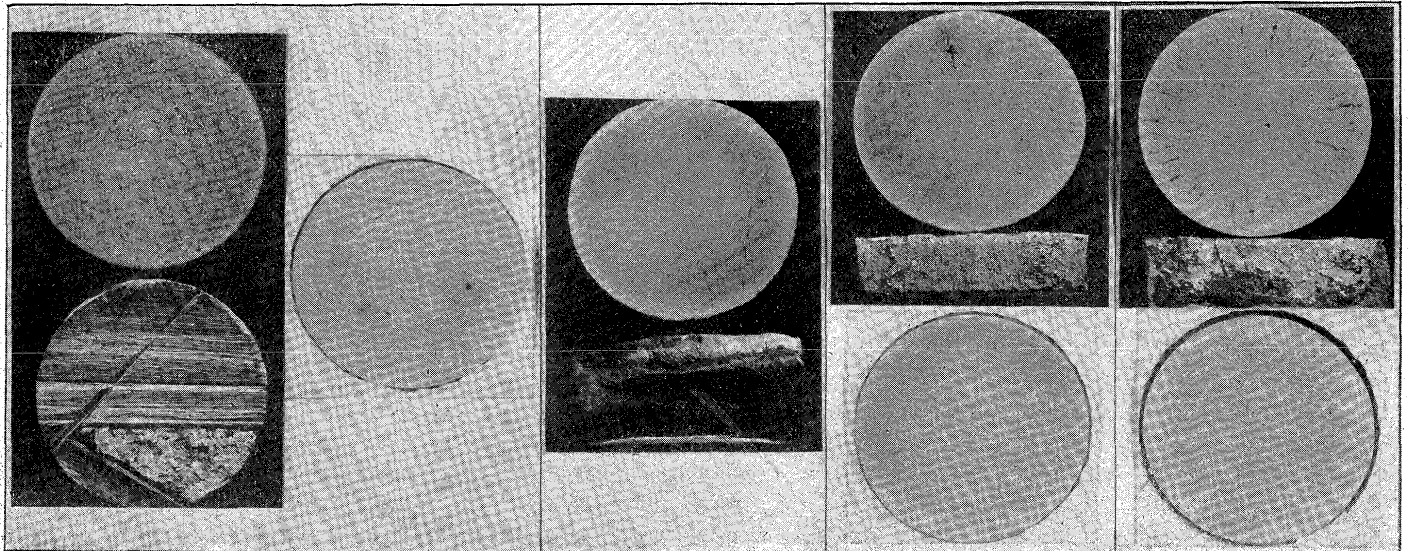




實驗第3 再鍛鍊の影響

No.6 (Ni-Cr 鋼)  
水素中 1,150°C×6h 水冷

No.7 (Ni-Cr 鋼)  
水素中 1150°C×6h 水冷  
鍛鍊後 { 850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷



實驗第4 再加熱の影響

No.8 (平爐製 Ni-Cr 鋼) 水素中 1,150°C×6h 水冷  
空氣中 1,150°C×1h 爐冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

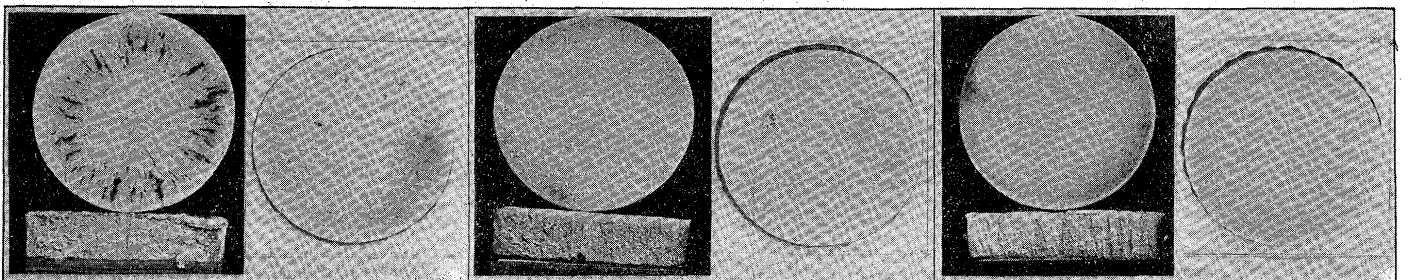
No.9 (平爐製 Ni-Cr 鋼) 水素中 1,150°C×6h 水冷後  
空氣中 1,150°C×6h 爐冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

實驗第6 Ar 變態點と白點現出との關係

No. 12 (平爐製 Ni-Cr 鋼)  
水素中 1,150°C×6h 水冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

No. 13 (平爐製 Ni-Cr 鋼)  
水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 300°C×0min 水冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

No. 14 (電氣爐製 Ni-Cr 鋼)  
空氣中 850°C×1h 水冷  
500°C×4h 油冷

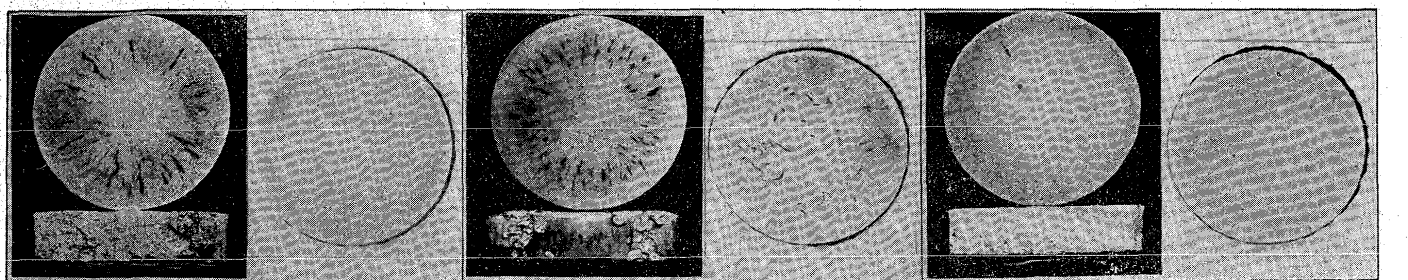


實驗第7 成分の影響

No. 15 (平爐製 Ni-Cr 鋼)  
水素中 1,150°C×6h 後爐中  
水素中 850°C×½h 水冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

No.16 (電氣爐製 Ni-Cr 鋼)  
水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 60°C×½h 後水冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

No.17 (平爐製 Ni-Cr 鋼)  
水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 450°C×½h 水冷  
850°C×1h 油冷  
500°C×4h 油冷

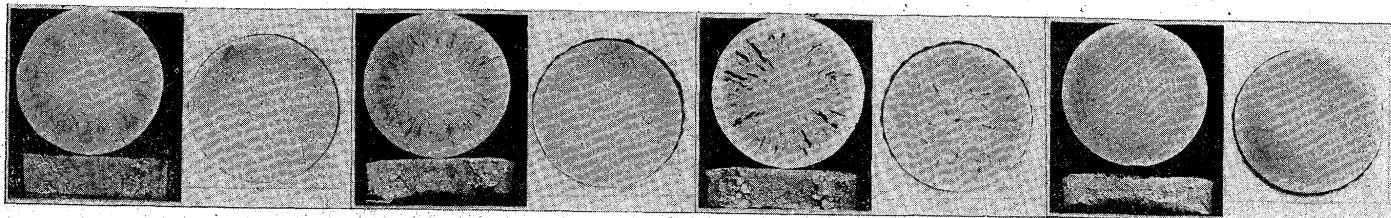


No. 18 (平爐製 Ni-Cr 鋼)  
 水素中 1,150°C × 4h.52min 後爐内  
 空氣中 850°C × ½h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

No. 19 (平爐製 Ni-Cr 鋼)  
 水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 空氣中 600°C × ½h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

No. 20 (平爐製炭素鋼)  
 水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 750°C × ½h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

No. 21 (平爐製炭素鋼)  
 水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 550°C × ½h 水冷  
 800°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷



No. 22 (2% 炭素鋼)

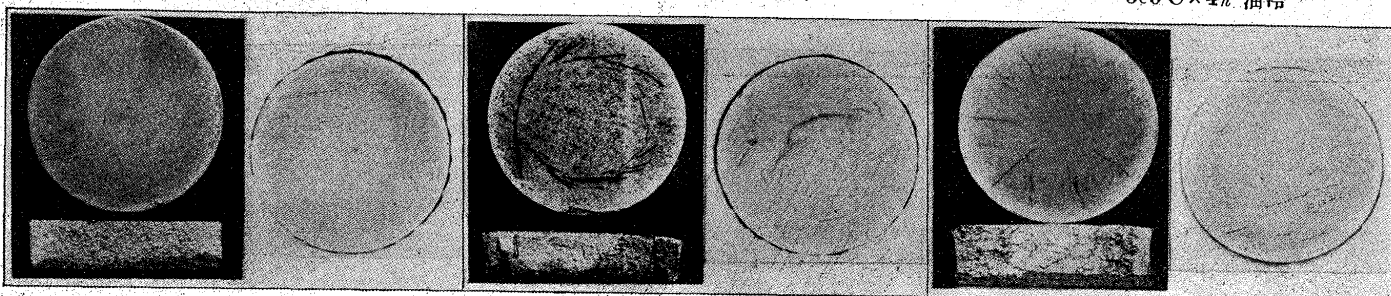
No. 23 (5% 炭素鋼)

No. 24 (平爐製炭素鋼)

水素中 1,150°C × 6h 水冷

水素中 1,150°C × 6h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

水素中 1,150°C × 6h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷



No. 25 (不銹鋼 EB<sub>2</sub>)

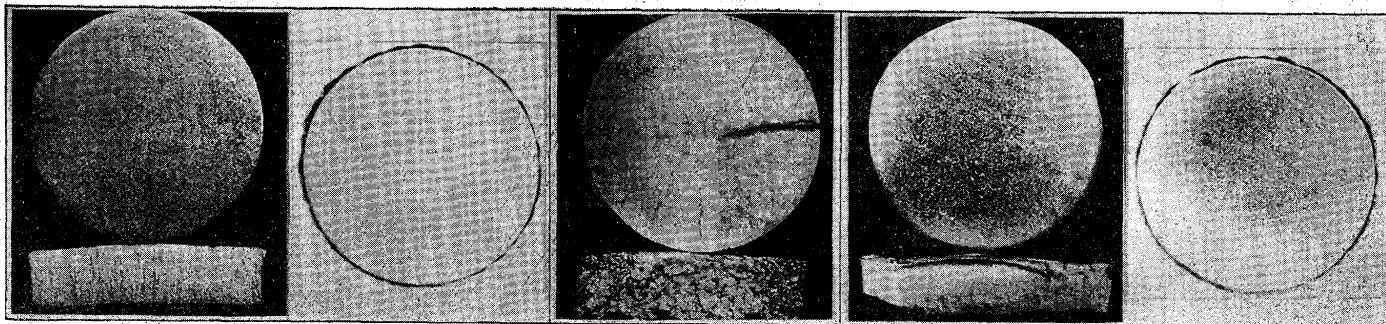
No. 26 (電氣爐製不銹鋼 EB<sub>2</sub>)

No. 27 (電氣爐製不銹鋼 EB<sub>2</sub>)

水素中 1,150°C × 6h 水冷

水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 900°C × ½h 水冷  
 600°C × 1h 油冷  
 600°C × 4h 油冷

水素中 1,150°C × 6h 水冷



No. 28 (1% Cr 鋼)

No. 29 (1% Cr 鋼)

No. 30 (2% Cr 鋼)

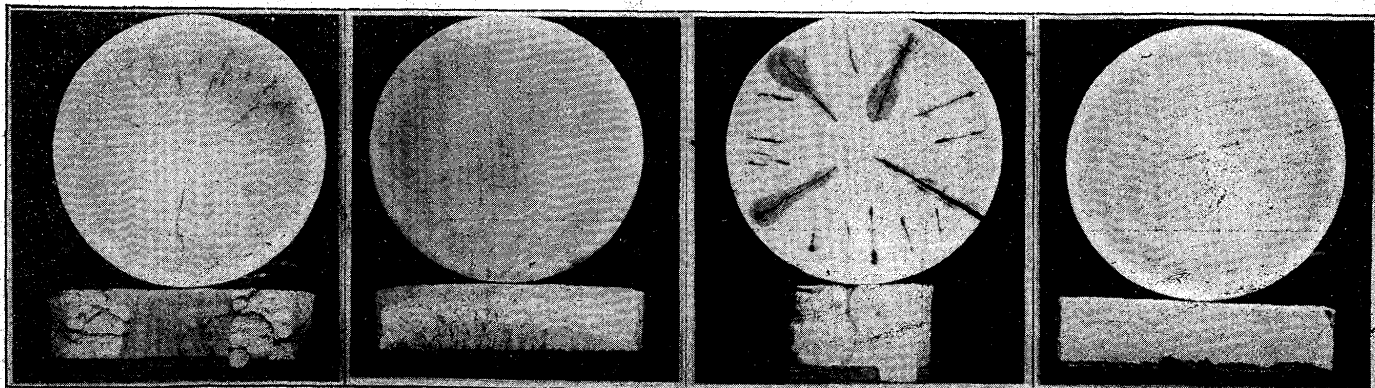
No. 31 (2% Cr 鋼)

水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 800°C × ½h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 650°C × ½h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 800°C × ½h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷

水素中 1,150°C × 6h 後爐内  
 水素中 650°C × 1h 水冷  
 850°C × 1h 油冷  
 500°C × 4h 油冷



No. 32 (2% Ni 鋼)

水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 750°C×½h 水 冷  
850°C×1h 油 冷  
500°C×4h 油 冷

No. 33 (2% Ni 鋼)

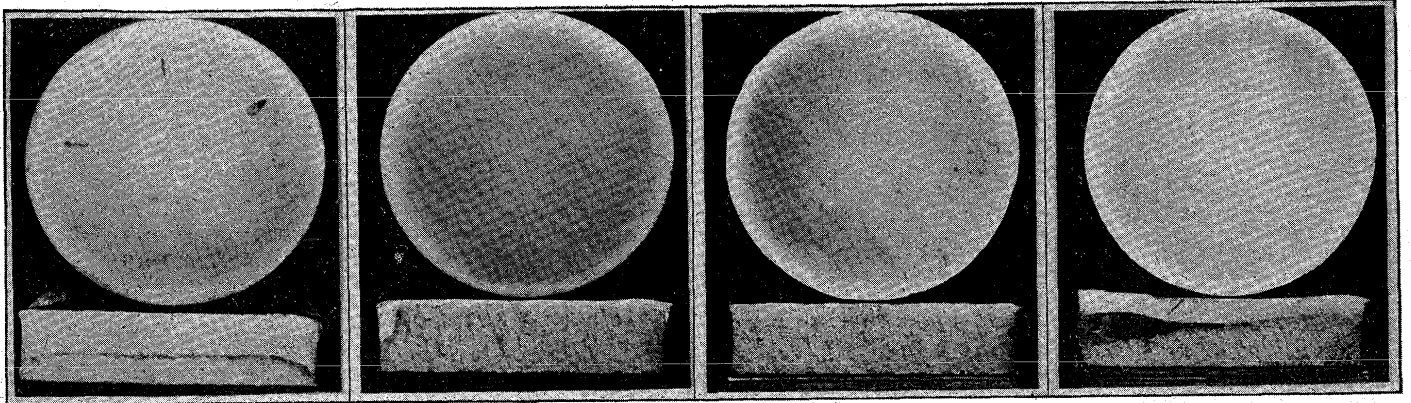
水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 550°C×½h 水 冷  
850°C×1h 油 冷  
500°C×4h 油 冷

No. 34 (3% Ni 鋼)

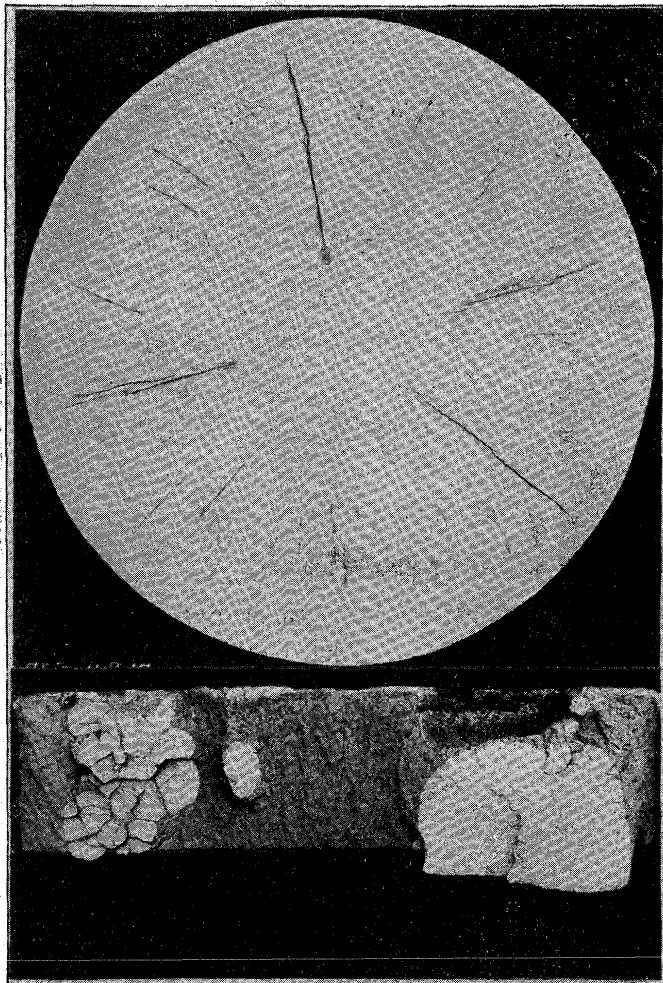
水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 700°C×½h 水 冷  
850°C×1h 油 冷  
500°C×4h 油 冷

No. 35 (3% Ni 鋼)

水素中 1,150°C×6h 後爐内  
水素中 500°C×½h 水 冷  
850°C×1h 油 冷  
500°C×4h 油 冷

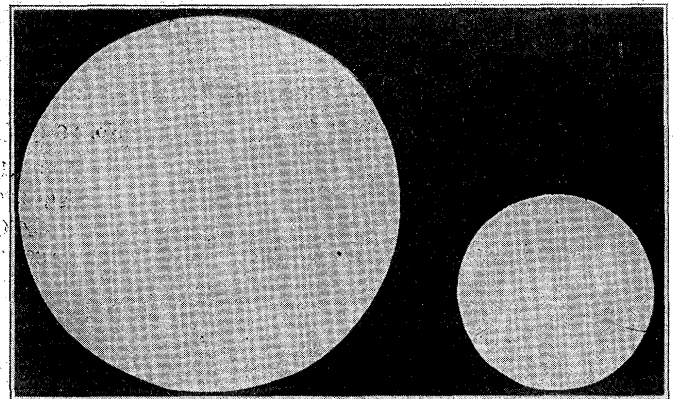


No. 50



No. 51

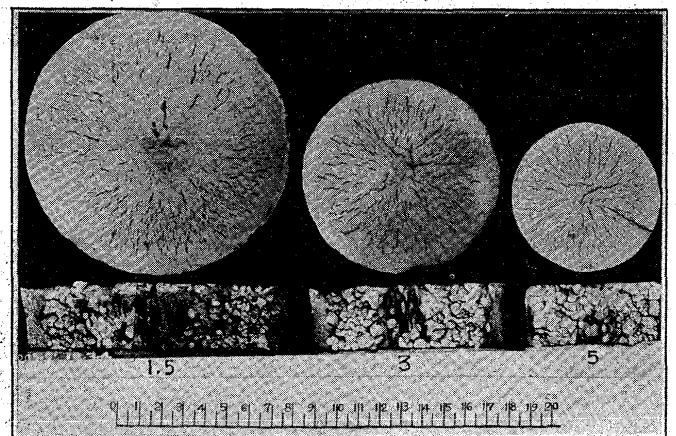
水素吹込白點現出したる Ni-Cr 鋼材の再鍛錬



徑 100mm を徑 50mm になし  
更に徑 100mm に据鍛錬をなす

徑 100mm を徑 50mm  
に鍛錬せるもの

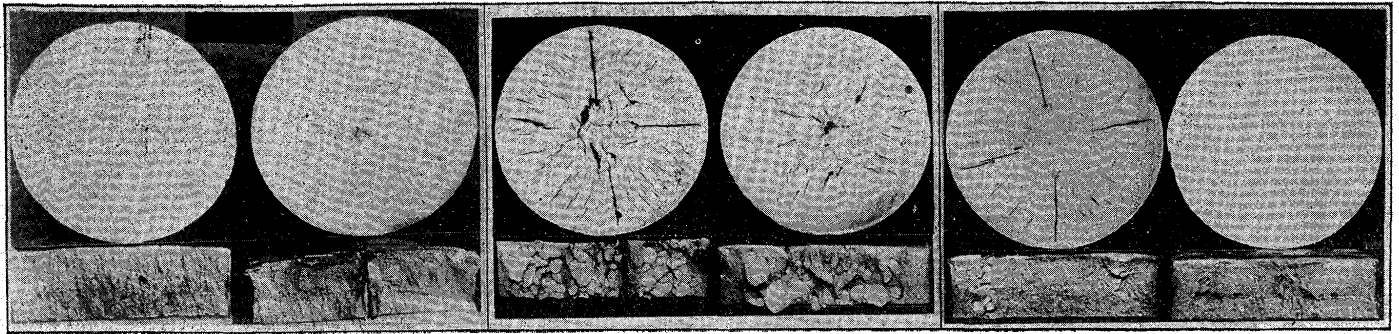
No. 61 Ni-Cr 鋼 H<sub>2</sub> 10 分鍛錬度による影響(K 212)



No.52 Ni-Cr 鋼吹込 (K 209)

No.53 Ni-Cr 鋼  $H_2$  2分(K 140)

No.54 Ni-Cr 鋼  $H_2$  10分 35分間放置(K 154)



水 冷

空 冷

水 冷

空 冷

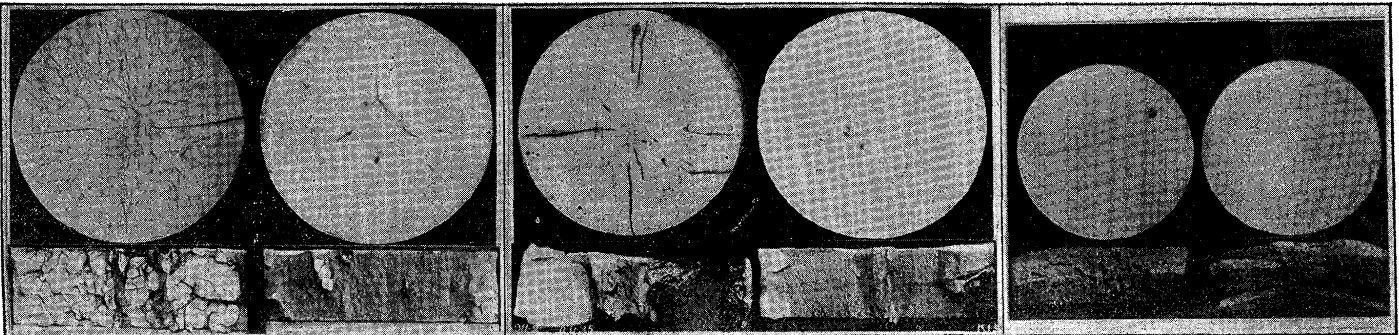
水 冷

空 冷

No. 55 Ni-Cr 鋼 Si 鎮静  $H_2$  10分(K 201)

No.56 Ni-Cr 鋼脱酸劑使用せず  $H_2$  10分(K 151)

No.57 Ni-Cr 鋼 50kg ケース押湯付  
注型  $H_2$  10分 (K 152)



水 冷

空 冷

水 冷

空 冷

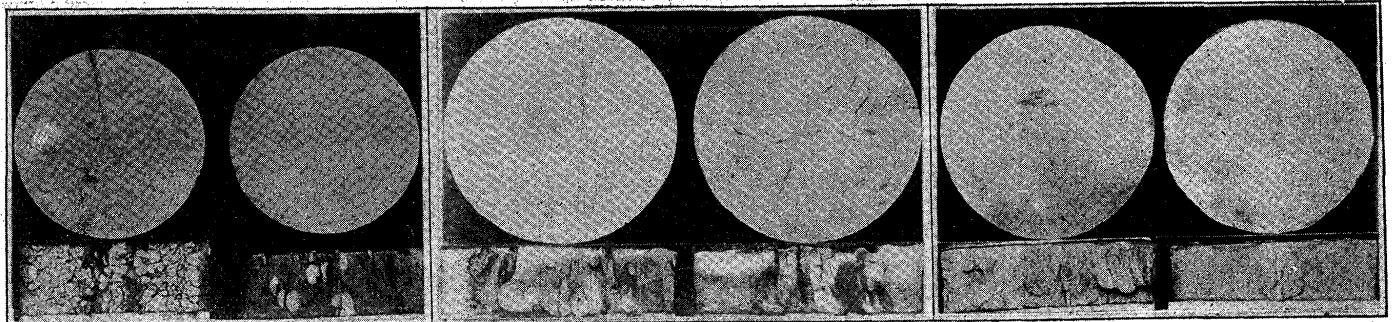
水 冷

空 冷

No 58 Ni-Cr 鋼 50kg ケース top に水をかく  
 $H_2$  10分 (K 198)

No.59 Ni-Cr 鋼 top を藁にて徐冷  
 $H_2$  10分 (K 197)

No.60 Ni-Cr 鋼  $H_2$  10分  
長時間加熱 (K 184)



水 冷

空 冷

水 冷

空 冷

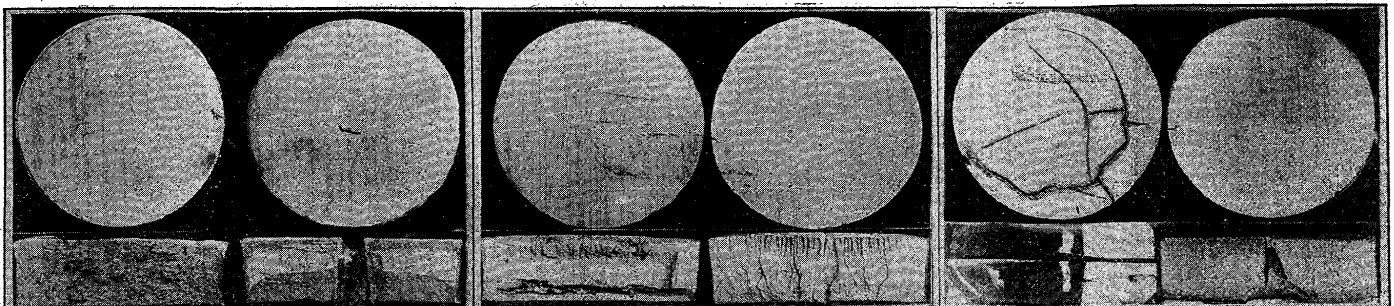
水 冷

空 冷

No.62 炭素鋼 C 0.3%  $H_2$  10分 (K 146)

No.63 炭素鋼 C 0.5%  $H_2$  10分 (K 155)

No.64 炭素鋼 C 1.0%  $H_2$  10分 (K 173)



水 冷

空 冷

水 冷

空 冷

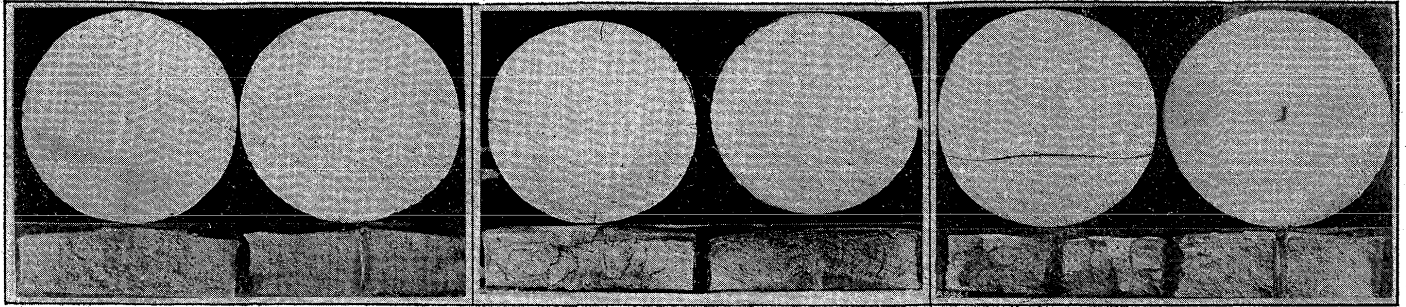
水 冷

空 冷

No.65 C 0.25% Cr 0.5%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 156)

No.66 C 0.25 Cr 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 187)

No.67 C 0.25% Cr 2%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 166)



水 冷      空 冷

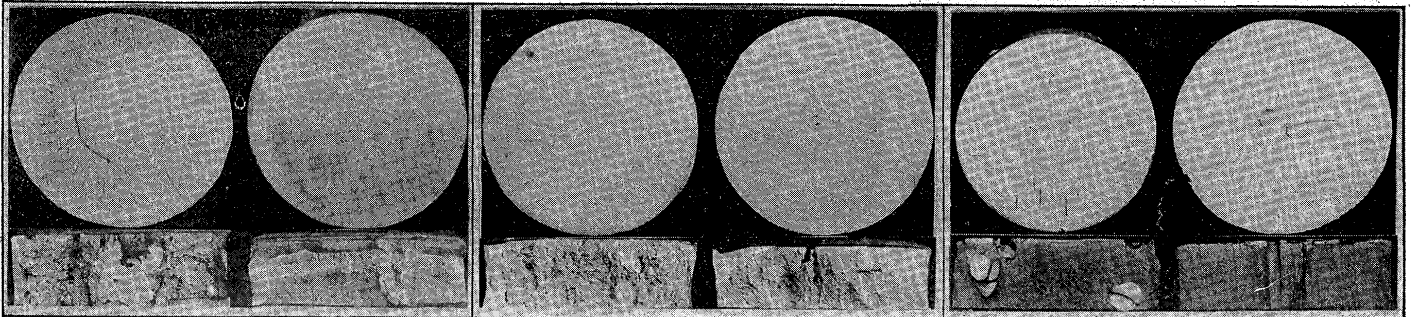
水 冷      空 冷

水 冷      空 冷

No. 68 C 0.25% Cr 4.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 206)

No. 69 C 0.25% Ni 2.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 205)

No. 70 C 0.25% Ni 4.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 147)



水 冷      空 冷

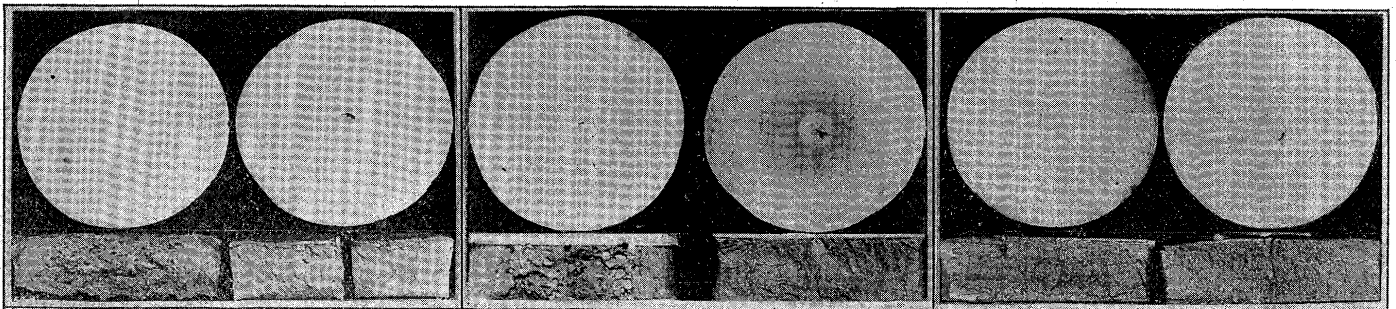
水 冷      空 冷

水 冷      空 冷

No. 71 C 0.25% Mo 0.3%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 186)

No. 72 C 0.25% Mo 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 150)

No. 73 C 0.25% Cu 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 171)



水 冷      空 冷

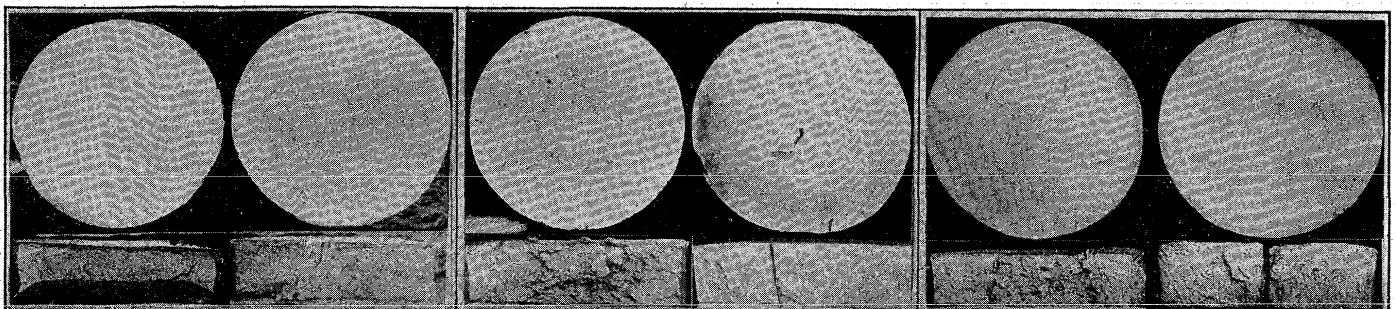
水 冷      空 冷

水 冷      空 冷

No. 74 C 0.25 Si 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 176)

No. 75 C 0.25 Mn 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 175)

No. 76 C 0.25 W 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 203)



水 冷      空 冷

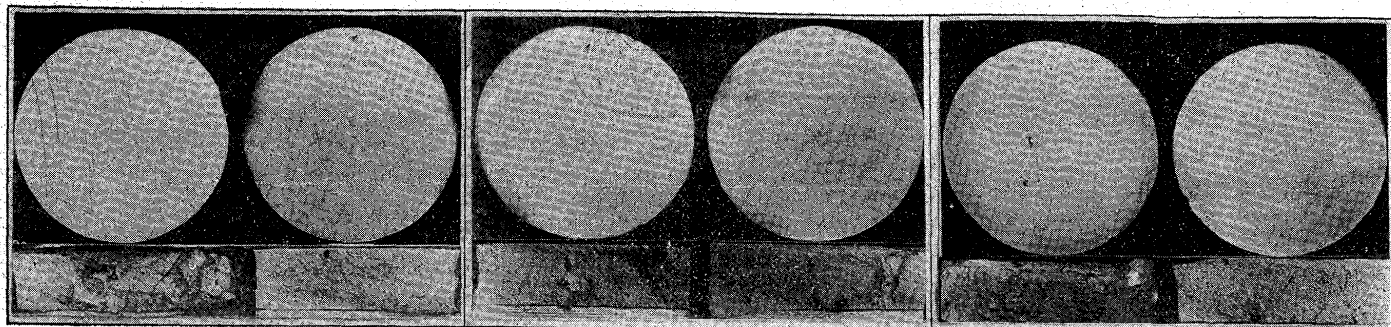
水 冷      空 冷

水 冷      空 冷

No. 77 C 0.25% Co 1.0%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 207)

No. 78 C 0.25% Ti 0.5%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 208)

No. 79 C 0.25% V 0.2%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 199)



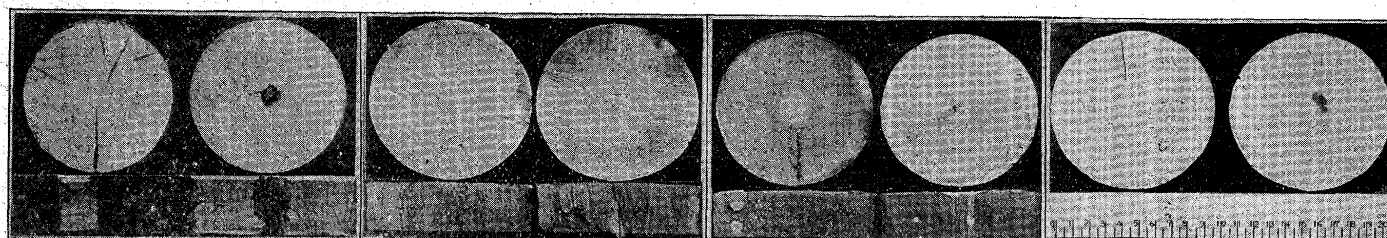
水 冷                  空 冷                  水 冷                  空 冷                  水 冷                  空 冷

No. 80 C 0.25% Cr 12%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 149)

No. 81 Ni 8% Cr 18%  
H<sub>2</sub> 10分 (K 169)

No. 82 C 0.25 Ni 2.0% Cr 2.0%  
電解鉄(30%)(K 142)

No. 83 C 0.25% Ni 2% Cr 2%  
H<sub>2</sub> 吹込せず(K 145)



水 冷      空 冷      水 冷      空 冷      水 冷      空 冷      水 冷      空 冷

## 鋼塊の鑑定に就て

(第 17 回講演大会講演 昭和 12 年 4 月)

梅澤光三郎\*

### ON THE JUDGEMENT OF STEEL INGOTS.

Mitsuburô Umazawa.

**SYNOPSIS:**—It is ascertained with hundreds of large steel ingots that the briskness of making sparks from specimens taken from molten steel by dipping iron wire at the ingot head, or microscopic dirtiners of specimens thus taken, may be an exact guidance for the judgement of the properties of the ingot.

In the same occasion of dipping iron wire, we may often find floating solidified steel which after having grasped slags, goes soon into the lower portion of the ingot and causes the origin of harmful type of inclusions.

In this paper are described such method for the judgement of steel ingots and its practical applications for the improvement of the manufacturing process of steel.

鋼材の製造に就て筆者が行った研究の結果を逐次公表したいと思つてゐるので、本篇を以て次の三つのことを述べて置きたい。

- i) 鋼材の缺點顯出に關する概念
- ii) 鋼塊鑑定が充分實用性を有すること
- iii) 鋼塊鑑定を製鋼作業の改善に利用せんとする試み

### I 原理及方法

鑑定の方法につきその原理、試料の採り方及試料成績に

關する説明を試みよう。その前に原理そのものの由來即ち鋼塊の凝固といふことと鋼材の成績との間には不分離の關係があることを説明して置くのが順序としては正しい。これを茲では既知としておかう。

1) 鋼塊~鋼材間の關係 鋼材の所謂成績 (z) はその眞の成績 (y) を検査して定めたものであるから、その間に差異 (i) があるかも知れない、則ち

$$z = y + i \dots\dots\dots(1)$$

\* 日本製鋼所室蘭製作所