

永い間には之に合流する事を便利とする會社も出來、漸次合同が強化さるゝに至る事と信じます。現に大阪製鐵の如きも來る5月から合同に参加する事になつたと聞いて居ります。しかし勿論今後合同の普遍化は前途尙ほ遼遠で其間種々なる難關を経なければならぬ事と思はれます。

それ故其中間に於きましては合同會社とアウトサイダーとの間に合理的な販賣統制の行はるゝのが希望さるゝ所以であります。之に就ては目下日鐵外當業者の間に種々協議が行はれて居る様子でありますから遠からず何等かの形式を以て統制の行はる事を期待する次第であります。

尙ほ本邦製鐵業の將來に就きましては今後我國の需用増進率の傾向を見定むる事が大切でそれには種々の方向から觀察を要しますので茲に簡単に御話する譯には行きませぬしかし何れの道我國の鐵の今日の需用高は歐米列強に比し

まだまだ少ないのでありますから目下の年需用額鋼材370萬t内外は更に増加して500~600萬tとなり更にそれ以上に増進するに至るものと考へられます。然るに原料たる鐵鑛石は我國内地の産出は誠に微々たるもので、大部分支那、馬來半島、南洋方面より輸入せられて居りますので、今後鑛石資源の開發並に獲得に就ては今日以上非常なる苦心を要する事と思はれます。又鋼の原料及鑄物用として滿洲、印度、露西亞より銑鐵の一部を、又印度、南洋殊に米國より多量の屑鐵を輸入して居るのであります。此の如き原料を外國に依存する事は誠に不安定なるものと觀なければならぬので、將來は益々銑鋼一貫作業の普及を計り銑鐵鑛石法に依る製鋼業を獎勵助長す可きものと考へる次第であります。簡單ながら以上を以て本講演を終はり御靜聽を感謝致します。

高温度に於ける鋼並に鑄鐵の熱的傳導率 測定と青熱脆性に就て

(日本鐵鋼協會第15回講演大會講演)

田 所 芳 秋*

A MEASUREMENT OF THE THERMAL CONDUCTIVITY OF STEEL, CAST IRON, BRASS AT HIGH TEMPERATURES, AND A NEW PROPOSAL FOR THE THEORY OF BLUE-SHORTNESS OF METAL.

By Yoshiaki Tadokoro

SYNOPSIS:—Some physical properties such as thermal conductivity, expansion, and drop-shock hardness are measured up to 700°C for some metals given below and their heat capacity, true specific heat were obtained from the results measured above. The metals tested are: (1) seven kinds of carbon steel of 0.04% C to 0.88% C (2) 3-grey and 4-white cast irons (3) a common brass of 70% copper and 30% zinc. Both the thermal and temperature conductivity were obtained in each measurement by heating sine periodically on one side of each specimen, quite different in heating manner of specimen from the previous way used for measuring the thermal conductivity. It has been further proved that both thermal and temperature conductivity of metal are measured more precisely by the periodic way than usual direct-heat-flow system hitherto generally used. For the measuring of expansion, two micro-telescopes with 1/100_{mm} reading scale in eye-piece were used, and for the hardness at high temperatures the Martell's system constructed in our laboratory applied. From these measurements and their following results, a certain deviation or anomaly covering a certain specified temperature for each metal, is found to exist commonly in all properties measured above. The temperature of such a maximum deviation has been proved to exist in 300°C~330 for steel, 350°C for both cast iron and brass. Further, it has been seen that the reduction of the sum of space among the grains of metal due to the expansion by heat is to be the direct cause of the Blue-Shortness of each metal, and all the other anomaly is only as its secondary effect.

I. 序 言

鐵鋼の熱的諸性質の中にて熱の傳導性に關連せる問題は

實際的方面並に理論的立場より見て重要な性質を有する事多々あり、然れ共其の高温度迄の連續的測定は實驗的に種々困難を隨伴し是等の測定結果は他の熱的性質に比較すれば其の數も甚だ尠なるが如し。本邦に於ける文獻とし

* 日鐵八幡製鐵所

ては東北帝國大學理科報告(英文)に大氣溫度に於て各種鐵鋼の熱並に電氣傳導率が炭素含有量によつて變化する關係を研究せる清水武雄博士¹⁾の報告あり。

次に高溫度に於ては同理科報告に本多、清水兩博士の炭素含有量を異にせる各種炭素鋼の 900°C 迄の熱傳導率の變化を測定せる²⁾研究あり。

又鑄鐵は化學成分以外に組織上の相異によつて熱傳導率の値に著しき變化を生ずるが爲め規範的測定結果尠少なるが如し。本邦文獻中増本博士の研究は大氣溫度に於ける鑄鐵の電氣及び熱傳導率の測定にして英文理科報告³⁾に發表さる。次に最近菊田博士の 750°C 迄の鑄鐵の熱傳導率の研究が⁴⁾「鐵と鋼」に發表されたり。又工具鋼の熱處理による熱傳導率の變化を 300°C 迄測定せる結果が⁵⁾金屬の研究に發表されあり。以上の外に外國の文獻は前記報告中に夫々記載されるを以て茲に省略するも以上何れの報告に於ても其の測定の方法を見るに一定溫度の高熱源より低溫度の方向へ熱の傳導する際試片内に生ずる溫度の勾配を測定して熱傳導率を求むるものなり。該方法に於ては周密なる注意の許に實驗を施行せざれば正確なる數値を求め難き點多々ある事は一般に知られたる事實なり。本報告の主眼とする所は次記の如く從來とは別個の方法を以て鋼並に鑄鐵に就て熱傳導率、溫度傳導率を直接測定し以て從來の測定値と比較して兩測定方法が熱傳導率測定上互に有効に利用さるるや否やを知らんとす。一方又此の兩測定値の比として熱容量(ρC)を計算し且つ同試料の膨脹率を測定し各溫度の比重(ρ)を求め此の熱量と比重とより各溫度に於ける眞比熱(C)を計算より求めんとせるものなり。傳導率測定⁶⁾の裝置は著者が從來耐火材の熱並に溫度傳導率、熱容量、眞比熱を 1,300°C 迄求めんが爲めに使用中のものにして方法の原理は試料の一面に於て週期的熱源を發生せしめ此の週期的熱が試料の内面へ傳播し定常狀態に達せる時熱波の相の遅れより溫度傳導率を計算し又一方熱源に加へられる電力より熱傳導率を計算するものなり。此の電力は容量大なる蓄電池より供給せられ以て長時間電壓の不變を保證せり測定に供せし試料は不銹鋼 1 種、極軟鋼(美裝用) 1 種、造船鋼 1 種、軟鋼 1 種、鋼塊片 4 種及び白銑 4

種、鼠鐵 3 種にして測定溫度は 700°C 迄なり。以上鋼 7 種に殆ど一種。鑄鐵 7 種に就ての測定結果を從來の數値と比較對照す致せるを見る。唯だ多少の測定値の偏異あるも之れ異なる試料の原因によると見らるべき程度にして従つて從來の熱の直流勾配法による熱傳導率測定方と同様に週期的熱流による測定方法も信據し得べき熱傳導率(及び溫度傳導率、熱容量、眞比熱)測定の一方法たる事を保證するを得たるのみならず更に感度鋭敏なる結果を示す事を知れり。次章に亘つて試料の説明と測定結果を示さん。

II. 鋼塊四種の熱並に溫度傳導率及び其の他の測定に就て

(1) 熱傳導率(K)と溫度傳導率(k)の測定

次に鋼塊 4 種類。其の炭素含有量は 0.04, 0.31, 0.65, 0.88% の 4 種類を當製鐵所ルツボ工場に於て試験の目的に配合製作せるものにして炭素以外の他の成分は第 1 表に示すが如く可及的同様ならしめん事を期せり。試験片の寸法は 110×110×70 mm 角にして相當大なるものなり。是れ試料採集には過大に失し不便なるが如き憾あるも一方又平均値としては有效なる點たるを信ず。又試料は何れも實驗前電氣爐内に於て 850°C×2.5 hrs 焼鈍せるものなり實驗後試料 4 種の顯微鏡寫眞を第 1 圖に示す。寫眞に見る如く 4 種共に普通の炭素鋼の組織にして地鐵(Ferrite)とパーライトとよりなる。此 4 種炭素鋼塊の外に比較の爲め無銹鋼 1 種の試験を施行せり。その化學成分を第 1 表に又顯微鏡寫眞を第 1 圖に示す。白色基地はオーステナイト組織(Ni, Cr, Fe 等の固溶體)にして境界に沿ひ黒く析出せるはパーライトなり。

以上 5 種の試料に就て 700°C 迄測定せる熱並に溫度傳導率の値を表示すれば第 2 表に示すが如し。是の測定數値を圖示するに第 2~3 圖の如し。試験の結果を通覽するに炭素鋼は 4 種共溫度の上昇に伴れ熱傳導率(K)及び溫度傳導率(k)は何れも 250°C 附近迄急激に減少し大氣溫度の時の約半分に減少す。次で 200~450°C の間に於ては傳導率は多少増加の傾向を示すを見る。更に 700°C 迄は溫度に對する變化僅少なり。炭素含有量の傳導率に及ぼす影響は溫度約 650°C 迄は含有炭素量に順應して其の價を減少す。然るに 650°C 以上は是れと反對の傾向を探るを見る。此等の測定値は本多、清水兩博士の結果と略ぼ合致するを見るべし。次に無銹鋼は溫度に對しては正的變化上昇

¹⁾ 東北帝國大學理科報告 6(1917) 111;

²⁾ 東北帝國大學理科報告 6(1917) 219;

³⁾ 東北帝國大學英文理科報告 16(1927) 417;

⁴⁾ 鐵と鋼、昭 8, 6 月、⁵⁾ 金屬の研究、昭 8, 9 月 p. 409;

⁶⁾ 製鐵研究 第 123 號 p. 4; 鐵と鋼、昭 8, 4 月 10 日別刷 p. 3

を示し普通炭素鋼とは全々反對の性質を有するを知る。且つ熱並に溫度傳導率自體の値も僅少なり。大氣溫度に於ては炭素鋼の約 1/8 に過ぎず。無錳鋼に於ては約 250°C に最大値を有する 100~450°C に亘る兩傳導率の大となる部分を有す。仍つて考ふるに溫度の範圍は多少異れ共普通鋼。無錳鋼共に熱並に溫度傳導率の溫度に對する變化に於て夫れ等の値の大となる溫度範圍を有するを知る。溫度 800°C 附近に於ては無錳鋼も普通鋼も兩傳導率共に殆ど同値となる。

次に第 2~3 圖より各溫度に於ける (K) 及び (k) の溫度 1°C に對する變化を 10°C 毎に求めて圖示するに第 4~5 圖に示すが如し。此の結果を見るに普通炭素鋼塊は何れも 200~450°C の間に傳導率の大となる範圍を有し而てその最大増加偏異の溫度は何れも約 320~330°C 内外なり。仍つて此の 200~450°C の溫度範圍は内質的に或る變化を生ずるによつて來るに非らざるかを諷示するものなり。無錳鋼に於ては此の變化溫度は 100~450°C の間に亘り又最大變化の起る溫度は約 230~240°C なり。該變化の原因が何に存するか後述の同試料に就て測定せる熱間硬度測定結果に於ても此れに相應せる變化を示せるを以て此等溫度範圍に亘つて變化の存する事は事實にして傳導率の測定に於て特に判然たる性質を展示せり尙ほ又同試料に就ての後述膨脹測定曲線中に見る如く該變化と同様なる溫度附近に於て膨脹率が大となる事實を有せり。

(2) 熱容量 (ρC) の決定。

前節に於て測定せる熱傳導率 (K) 及び溫度傳導率 (k) の値より兩者の比として各溫度に於ける熱容量 (ρC) を計算より求め得べし ρ は比重を C は眞比熱を示す。第 2 表に其の數値を示す。今是れを圖示せば第 6 圖の如し。普通炭素鋼塊に就ての結果を見るに溫度の上昇に對しては一般的に熱容量の値は増大するの傾向を有し溫度 320~330°C 附近に於て溫度に對する最も急激なる變化割合を有するは前記傳導率の變化に對應して考ふる時注意を要すべき結果なり。無錳鋼に對しても略ぼ同様の結果を示せり。

(3) 膨脹率並に比重 (ρ) の決定。

熱容量 (ρC) 中の眞比熱 (C) を計算せんが爲めに比重 (ρ) を各溫度に於て求めん。試料は前記傳導率測定に用ひしものをその測定終了後是れより採集せり。今鋼塊 4 種並

に無錳鋼 1 種の膨脹を各 10°C 毎に測定して第 3 表及び第 7~11 圖に是れを示す。測定の方法は前記文獻⁶⁾に著者が耐火物測定に使用せし装置にして 1/100 mm 目盛付きの望遠顯微鏡 2 個の焦點をして試験片の兩端に合はし加熱による兩端の長さの變化を測定する方法にして唯だ此の際は試料の酸化されざる様透明水晶管内に試験片を装置し次に管の兩端はゴム管を以て密閉す。溫度上昇して空氣膨脹せばゴム管を開き時々是れを逸散せしめつゝ長さの變化を測定せるものなり。試料の寸法は長さ 93 mm 徑 15 mm にして試料の斷面的中心に長さの方向に作られたる溫度測定用の孔を有しその寸法は深さ 48 mm 徑 8 mm なり。第 7~11 圖曲線 (I) は何れも 1,000°C 迄の加熱による 10°C 毎の膨脹にして第 3 表の數値を圖示せるものなり。又曲線 (II) は溫度 1°C 毎の膨脹率を第 3 表より計算し圖示せるものなり。又曲線 (III) は試料加熱冷却の時間を示すものなり。膨脹測定結果を通覽するに曲線 (II) の膨脹率の溫度に對する關係に於ては鋼塊 4 種類共其の數値は略ぼ同様にして 300~450°C の溫度範圍に於て膨脹率の値が特に大となれる結果を示せり。更に溫度上昇せば膨脹率の値は又却つて減少せるを見る。又無錳鋼に於ては是れに對應して膨脹率の値大となる溫度範圍は約 150~450°C に存するを見る。仍て是れ等變化の溫度範圍は夫々前記測定の熱並に溫度傳導率の變化ある溫度範圍 (第 2, 3, 4, 5 圖参照) に合致するを知るべし。仍て鋼塊に於ては 300~450°C 又無錳鋼に於ては 150~450°C の溫度範圍に於て現はれたる傳導率並に膨脹率異常の増大變化は同一の素因による變化なりと認むべきなり。

次に鋼塊 4 種と無錳鋼の各溫度に於ける比重 (ρ) を第 3 表の膨脹數値より計算し是れを第 4 表に示す。更に第 12 圖に示す。

(4) 眞比熱 (C) の計算。

上述に於て求めたる鋼塊 4 種と無錳鋼の熱容量 (ρC) 及び比重 (ρ) とより各溫度に於ける眞比熱 (C) は兩者の比として計算より求めらる。其の數値を第 4 表に又第 13 圖に示す。眞比熱の結果に於ても前述傳導率並に膨脹率測定結果に對應せる急激なる變化の存するを認めらるべし。次に炭素含有量を異にせる數種の鋼の比熱を測定せる當研究所海野博士の⁷⁾報告を参照せん。同報告中の第 3 圖及び第

⁶⁾ Tôhoku Imperial University. Ser. I. Vol. XV. No. 3 July. 1926 "On the Specific Heat of Carbon Steels."

4 圖を熟覽するに溫度 200 と 300°C の測定點が平均値曲線より著しく偏異し然も其の偏異が割合に規則正しく尙ほ且つ 0.8~0.9% C が最も著しくして今炭素含有量が是れより減少或は増加するに従ひこの偏異も亦僅少となるを見る。然るに他方 0.8~0.9% C は炭素鋼としては熱的操作中機械的歪力の最も容易に残存し易きは周知の事實にして是の事實を照合考慮する時前記 200~300°C の溫度範圍には何等か異常の變化の存するに非らざるかと推想せしむ。仍つて海野博士の實測數値を同報告(338~341p)より讀み取り炭素量の順に圖示するに第 13_(a)~13_(a2) 圖の曲線 (I) に示すが如し。尙ほ此の曲線 (I) より眞比熱を求めて圖示するに何れも曲線 (II) に示すが如し。即ち 200°C 以下と 300°C 以上とは別個の圓滑曲線より成立するを見るべし。従つて 200~300°C 範圍には何れの試料にも比熱の變異あるは事實にして曲線 (II) の眞比熱に於て特に此の變化が認知せらる。眞比熱曲線 (II) の求め方に就ては次の報告参照すべし。(研究報告 Vol.18~No.2 各種珪石の變態熱量と變態膨脹の決定。昭和 4 年 5 月發行) 今此の變態を面積及びカロリーを以て示し炭素量による關係を求むるに第 13_(a3) 圖に示すが如し。其の結果を見るに 0.795% C 試料が此の溫度範圍に於て最も大なる比熱の偏異を有するを知る。此の比熱増大現象が炭素鋼の最も熱的歪を受くる事大なる 0.8% C 鋼に顯著なるは鋼の受くる歪力に不離の連繫存するに非らざるかを想起せしむ。即ち著者の眞比熱の計算は他の熱的性質の實測値よりの計算より求めたるものにして海野博士の直接測定の結果とよく合致せるは該溫度に於て確かに熱的變化の存置するを實證すると同時に熱並に溫度傳導率及び膨脹率の三測定値が何れも正確なるを立證するものなるべし。

(5) 熱間硬度の測定 鋼材の熱間硬度の測定は鋼に急激なる變形を與ふる時の鋼の物性として衝擊抵抗性と共に鋼の熱間壓延の際に於ける實際作業の参考ともなるべく茲に前記の各種試料に就て溫度約 550°C 迄各溫度に於てその硬度を測定せり。無論各 1 回毎に試料を取替へ測定せり次に本機第 14 圖の構造並に操作を次に概記せんに總高 1,120 mm × 幅 330 mm なり。鑄鐵製の臺 (A) 上に 2 本の鋼柱 (C) が垂直に樹ちて上下する落錘 (D) のガイドとなれり。其上方に横梁 (E) ありて落錘を吊り落高を加減する爲に鋼柱に沿ひて上下し兩側の小螺子 (F) によりて所定の位置に止めらる。試験片 (G) を支ふるカーボランダム製支

柱 (I) は臺の中心にあり。其の下部には加減螺子 (J) ありて落高の精密なる調整を掌り外周は筒型電氣爐 (L) にて被蔽し爐蓋 (M) の小孔よりサーモカップル (N) を挿入して所定の溫度に達し 30 分保留後蓋を去りて手を以て鉗 (O) を押せば釘抜き型をなす鉤 (B) は左右に開きて落錘 (D) は落下し試験片表面に球痕を與ふ。然るに落錘は反撥して球痕を傷付くる患あるを以て兩鋼柱に反撥止 (Q) を置く。即ち電流開閉器 (R) を供へたる電磁石 (P) は固定片 (u) にて發條を保たしめたる反撥止め (Q) を吸着せしむる用を掌る。今若し落錘を一定の高さより落せば落錘に固定されたる小棒 (S) は把手 (T) に當りて開閉器 (R) を切斷し反撥止め (Q) は發條によりて直立するにより丁度其際打撃を終へ反撥せる落錘を支へ止む。猶反撥せる跳高は落錘 (D) に取付られたる指針 (X) と直立目盛板 (Y) にて目測を行ふものなり。次に試料の準備に就て述べんに供試料は前記傳導率測定に使用後のものを用ひたり。即ち種類は鋼 4 種と不銹鋼 1 種なり。熱傳導率測定試料は 850°C に 2 時間半焼鈍せるものより作成せるものにして何れも約 750°C 迄の測定に供せられたるものなり。次に熱間硬度試料としては 20 mm 角立方體を採用し前記傳導率の一試料より 20 個宛採集せり。而も硬度測定前に再度 750°C に約 30 分焼鈍せるものを試料とせり。以て焼鈍效果の完全を期せり唯だ不銹鋼は傳導率測定後の試料中に氣孔ありし爲め是れを加熱鍛鍊して丸棒となし然後 20 mm 立方體の硬度測定試料を 23 個分採集し是れを 700°C に約 30 分焼鈍せるものを試料に供せり。溫度の計算は次記の方法によりたり。即ち

$$E = \text{有效落撃力} (mm/kg)$$

$$h = \text{落 高} (200 mm)$$

$$W = \text{落錘重量} (4.1 kg)$$

$$h = \text{跳 高} (mm)$$

$$f = \text{鋼柱と落錘との摩擦} (0.01 kg) \text{とせば}$$

然る時は

$$\begin{aligned} E &= h(W-f) - h'(W+f) \\ &= 200(4.1 - 0.01) - h'(4.1 + 0.01) \\ &= 818 - 4.11 \times h' \end{aligned}$$

次に

$$V = \text{落錘 } W \text{ の落撃の爲めの生じたる球痕容積 (Cub } mm)$$

$$D = \text{落錘球の直径} (10 mm)$$

H = 球痕の深さ (mm)

D_1 = 球痕の直徑 (mm) (擴大鏡を以て測定) とせば

然る時は

$$V = \pi H^2 / 6 \times (3D - 2H); H = D/2 - \sqrt{(D/2)^2 - (D_1/2)^2}$$

となるべし。今マーテル硬度數 (N) を次の如く定義せん。

$$N = E/V = \frac{818 - h' \times 4 \cdot 11}{\frac{\pi H^2}{6} (3D - 2H)}$$

以上の装置並に操作に従つて4種の鋼塊並に不銹鋼1種に就て熱間硬度を測定するにその結果の數値は第5^(a)~5^(c)表に示すが如く今是れを比較の爲め一括圖示するに第15圖に示すが如し。測定の結果を通觀するに鋼4種に就ては炭素量に不拘何れも温度 200°C 附近迄は急激に硬度を減少し該 200°C 附近を變化點として硬度は多少増大し 300°C 附近を最高とし、更に 400°C 附近に於て原狀の硬度に復歸するを見る。又不銹鋼に於ては 200~350°C に此の硬度の増大範圍を有す。仍つて考ふるに前述膨脹率、傳導率、比熱等の測定並に計算に於ける結果と相照合するに多少の温度の差違はあれ共何れも相對應せる温度範圍に於て是等の數種の物性に共有せる變化を展示するは茲に或る素因を同じくする變化の存するを確證するものなるべし次に該變化の考察に就て述べん。

(6) 200~450°C 附近の變化の考察と靑脆變化に就て

前節に於ては炭素含有量 0.04% より 0.88% に至る鋼4種と不銹鋼1種(第1表参照)に就て(1)熱傳導率(700°C迄)(2)温度傳導率 k (700°C)迄(3)膨脹(1,000°C迄)(4)熱間硬度(600°C迄)を別々に測定せり。是等實驗の試料には傳導率測定に使用後のものより採集せるを以て全々同一の材料に屬するものなり。又是等の測定數値より計算によつて(5)熱容量(ρC)(800°C迄)(6)比重(ρ)(800°C迄)(7)眞比熱(C)(800°C迄)を求めたり。

前記是等の測定結果に於て傳導率、膨脹率、熱間硬度、眞比熱の數種の物性に於て共通的に炭素鋼に於ては大凡そ 200~450°C の範圍に又無銹鋼に於ては 150~450°C の範圍に於て温度に對して夫等性質の異常的變化ある事を説明せり。此の事實が果して何に因るか著者は今是れを材質を組成せる粒子相互の接觸部に於ける接近密着度の増加即ち總和的相互間隙の減少に因ると説明せんと欲す。次に接觸部の増加即ち間隙減少の素因は何に歸因するかを考ふるに試験試料製作の工程より見て接觸部分には多少の應力を

有すと考へらる。假令應力なしとするも加熱による膨脹の爲めによつて接觸部分は互に安定なる位置を保有せんとする方向に變化するものと思ふ時は當然の結果なり。その安定なる方向への變化の中にある一定温度に於て接觸部の間隙總和が最少となる場合あるべし。前述の變化温度は即ちこの接觸の間隙最小状態を示すものと思へらる。従つて最小間隙状態を生ずる温度は何に因つて決定せらるるか。是れ(1)材質自體の膨脹率の多寡(2)機械的或は熱的何れにせよ接觸部分の歪應力の有否多寡等が重要な此れの決定要素となるべし。以下此の想定を可能ならしむべき論點に就て述べんとす。

1. 膨脹測定結果よりの觀點 著者は曩に顯微鏡的に各種の形狀太さを異にせる粒子の集合組成を示す所の製鐵用各種鐵鑛即ち天然產褐鐵鑛、赤鐵鑛、磁鐵鑛の8個と耐火煉瓦7種の試料に就て熱間の⁸⁾瓦斯通氣率を測定せり。其の結果を見るに温度上昇せば何れの場合も加熱による粒子膨脹の爲め通氣率は逆に減少するを通則とす。若し膨脹が温度に對して直線的に増加せば通氣率は對數的に減少す即僅少なる粒子の膨脹に對しても粒子間隙は急激に減少するを示すものなり。殊に鐵鑛に含有せられたる珪酸の異常膨脹等ある時は例へば 573°C 附近に於ては通氣率は急激なる減少を示すものなり。更に各種煉瓦中に含有せられたる結晶質珪酸トリヂマイト及びクリストバライト等は其の變化點たる 173°C 及び 230°C 附近に於ては急激なる異常膨脹性を有するもにして是れが爲め珪酸の場合と同じく煉瓦の通氣率は急激なる減少を來たすものなり。是れ上述の變化點に於ては粒子間の間隙總和が減少せられ通氣作用の阻害せられるが爲めなり。尙煉瓦の場合に就て間隙の多寡が膨脹に及ぼす⁹⁾影響を例示せんに今間隙 45% ある時の膨脹は(1,300°C迄)0.57% なるに對し同じ材質煉瓦にて唯だ粒子間隙が 37% に僅少せるもの、膨脹は(1,300°C迄)0.86% に増大せり。即ち大なる膨脹性を示すものは間隙僅少の結果を招來するものなるを教ふるものなり。今此の事實を基礎として鐵鋼4種不銹鋼1種の膨脹率測定結果第7~11圖中の曲線(II)を見る時温度 300~450°C の間に於て何れも膨脹率が他の温度よりも増大せる結果を示すは是れ前記鐵鑛石並に耐火煉瓦内に起る通氣と膨脹關係より類推するに該温度範圍に於て恰も鐵鋼粒子の膨脹や

⁸⁾ 製鐵研究 第130號 Fig.4, Fig.5 参照

⁹⁾ Science Report of Tôhoku Imperial University, Vol. XV, No. 4.

粒子間の歪力反應の爲め接觸部に於ける相互的位置が最小間隙状態を呈せる結果なりと推定し得んか。

(2) 傳導率測定結果よりの觀點 膨脹測定結果の事實が上述の原因によるものとせば鋼の傳導率性に處する第2~5圖に於ける異狀溫度範圍 200~450°C の傳導率の増大結果は自明の現象に屬すべし。即ち粒子間の關係が最少なる間隙状態に達するものとせば熱的勢力の移動現象たる傳導性の容易なるや明かなり。今是れを煉瓦の場合の實驗的例證に示さんに例へば保温煉瓦に就て間隙 38% の煉瓦の有する溫度傳導率は 400°C の時約 3.6×10^{-3} (C. G. S 單位) なるに對し間隙 36% の物は同溫度に於て約 5.0×10^{-3} にして粒子間の間隙減少が如何に傳導性の増加を來すかを⁹⁾ 實證するものなり。尙ほ茲に一言すべきは從來各種鋼の熱間の傳導率測定結果に於ては該溫度附近に於ても著しき變化を認めざれば後述菊田博士の鑄鐵の熱傳導率測定實驗に於ても此の傾向を有せり唯だ明確ならざるのみ(後述参照)。然るに著者の測定に於て明確に現はるるは從來の方法は時間に對して試料内の熱的分布状態が全く定常状態に於て測定せる結果たるに對し今回著者の採用せしは時間に對して週期的に變化しつゝ其の變化の状態が一定期間を週期として所謂週期的定常状態に達せし時の測定結果にして從來の方法に於ては試料内粒子は時間に對して形狀の變化は全々行はれざるに對し著者の週期的方法に於ては時々刻々粒子は正弦的に寸法形態の變化を受けつゝ即ち膨脹收縮を時々受けつゝ測定せらるるものにして熱的衝擊の元に於て測定せらるるものなり。仍て兩方法には自ら靜と動との差別が兩者の間に存するを知るべし。前述異常變化の顯否は原因を此處に存するに非らざるかと思はしむ。

(3) 眞比熱の結果よりの觀點 第13圖の各種鋼の眞比熱の結果を見るに前述來の異常變化範圍に於て比熱の最大となる溫度即ち相互粒子の移動に最大の仕事を要する溫度は 200~250°C なり。是れ該溫度に於て粒子移動に對する制肘應力最大なるによるべし。該溫度より粒子の移動變化は逐次容易となり熱的勢力の消費は遞減するを知るべし。溫度 320~330°C に於ては移動に要する仕事の變化割合は最大にして即ち最大なる粒子間の移動を生じ従つて該溫度に於ては粒子間隙は最少の状態に達せるを示すものの如く。膨脹率の増大が該溫度に於て著しき結果を展示せるは自明の理なり。更に上昇して 400~450°C に到れば粒子の移動變化も逐次遞減し熱的消費も従つて減少し該溫

度に於て定常の粒子移動に入るものと推測せらる。上述の如く考ふる時は此の變化溫度範圍に於ては是非粒子間に最初より有せし熱的歪應力か或は金屬自體の膨脹率の固有性に基づく熱應力により恰も間隙が最少となる粒子移動作用の勃發する事を證するものにして従つて此の間比熱の増大するは自然の理なり。尙ほ炭素鋼中歪力を生じ易き 0.8~0.9% C 鋼が最も大なる變化を呈するの事實は(第13圖(13)) 此の變化の本體が歪力に重大なる關係を有する現象なるべき事を指示するものならん。

(4) 實驗結果の綜合と靑脆變化に就ての考察 以上の實驗結果を綜合するに 200~450°C 範圍の各種の變化は要するに形狀位置を異にせる各種粒子の混在組成よりなる鋼が加熱の爲め熱的勢力の増加を受けて逐次膨脹を示し粒子間隙状態に變化を惹起し鋼に於ては該溫度範圍が恰も前記膨脹と各粒子間に存する掣肘とが甚しく平衡を失し茲に各粒子周縁部の接觸部分の増大密着となり遂に全組成の總和の間隙の減少を來たすが爲めにその結果として膨脹率の増加を招來するものと考へらる。更に粒子間隙減少し密着の度を増すが爲め熱的移動は容易となり牽いては傳導率の増加を來すの結果となる。又鋼組成中最も硬度に對して弱點を持つ周縁部の補強により硬度増大の結果となる事も自然に明かなるべく又加熱の爲めの粒子相互の膨脹や且つは初與の應力の結果よりして考へらるべき各粒子特に周縁部の掣肘の許に於ける位置の變化に際しては餘分の外的仕事即ち餘分の熱的添加を要すべく従つて此の溫度範圍に於ては眞比熱増加の結果を來たすや又當然なり。以上の説明によつて該 200~450°C 附近の變化は熱的相の變化には非らずして單に粒子間の位置の變化なり即ち各粒子の受けし機械的或は熱的操作の如何によつて生じたる粒間の間隙狀況によつて決定せられ又は材質の固有膨脹率より來る固有熱應力によつても支配せらるるものなるや明なり。従つて加工鍛鍊の狀況によつても變化し得べく一定のものに非らざるを知るべし。一般に稱する普通鋼の靑脆溫度は 200~300°C なりと云はる(金屬研究第4卷第4號)故に上述の如く普通炭素鋼と不銹鋼に於ても既に此の溫度範圍を異にせるを見るべし。尙ほ後述する如く眞鍮は夫れ自體に鋼と異なり特有の溫度を有せり。

次に前記の變化の原因に對する上叙の考察が首肯せらるるものとせば是れを基礎として從來靑脆現象に伴ふ物性として知られたる一二の事實を容易に説明せらるるもの如し

例へば冷間引拔せられたる鋼線よりスプリングを製作せんとする時製品を 200~300°C に加熱冷却すれば著しく弾性を増加するの性質あるは周知の事實なり。甚だしきは弾性界は123% を増加する事¹⁰⁾ さえあり。又不銹鋼の際に於て同様の加熱冷却により弾性界は 14.7kg/mm² より 45.7kg/mm² に増大せられたる¹⁰⁾ 例示あり。尙ほ上記文獻結果に於て弾性界のみならず抗張力が 200~350°C 内外への加熱冷却により増加せられたるを見る。即ち上記温度範囲に於ては冷却後と雖も強度の増大を來たす事實あり。著者の考察に従へば容易に了解せらる。即ちスプリング材は何れ冷間加工の爲め相當の應力を受け居る事は明かにして今 200~450°C に加熱せば粒子間の有する接觸部に於ける應力が加熱の爲め粒子間隙の減少への仕事に變じ總括的粒子間は互に密着せらるるが爲めにして冷却後此の状態を持続するものと考へらるべし。次に炭素鋼 C=0.90-C=1.03-C=1.06% の3種を焼入れ後各温度に焼鈍して衝擊、捩廻強度を測定せる結果を見るに温度約 200°C 附近に於て著しく其の値を増大せる¹¹⁾ 實例あるも矢張り此の變化に屬するを知るべし。尙ほ此の温度は一定不變のものに非らずして同じ材質に於ても熱的操作並に機械的加工の如何により異なるは前述の如く該變化の素因より考慮して同一材質のものにありては應力を多く受け居たるもの程温度的には早く量的には多量に此の現象を展示するものと了解せらるべし例へば熱間硬度測定結果に於て(第15圖)硬度大なる不銹鋼に於て最も早く此の變化現はれ次に硬度高き炭素鋼 C=0.88% が變化早く又量に於て大なり。無銹鋼と炭素鋼の差は傳導率結果に於ても無銹鋼に其の變化早く且つ又變化大なり。膨脹率曲線に於ても無銹鋼に此の變化早し。又文獻¹¹⁾ の炭素鋼に於ては變化點の最高は 200°C にして著者の熱間硬度の試験に於ては C=0.88 に就て約 300°C が最高變化點を示し従つて文獻の最高値の温度とは約100°C の差違を有す。是れ前述の如く該變化點惹起の原因が兩者に於て數量的に差違ありしを示すものにして文獻¹¹⁾ の試料は著者の使用せし試料よりも遙かに大なる歪應力を受けしものたるを推定せしむ。

次に該温度附近に現はるる一般に周知の物性としては鐵鋼に於ては 300°C 内外の温度に於て機械的變化を與ふる

時は他の温度に於けるよりも容易に龜裂折損の現象を展示する事なり。此の現象は恰も加熱による鐵地肌の肉眼的接觸よりして青味ある所よりして青脆現象(Blue shortness)と云ひ早くより此の青脆現象に伴ふ物性としては前記の如く耐伸強度の増加熱間硬度並に衝擊強度の増大。延伸率並に斷面收縮率の減少等が一般に知られたる性質なり。(金屬研究、第1卷、第10號 p.1,077, Fig.20,同第4卷第12號 p.448, Fig.1. 製鐵研究、94號、大正15年9月號 Fig.2, 5, 9, 11, 13 参照) 此等の諸點を觀察するに何れも同一の素因によるものにして著者が今回測定結果を基礎として考察せし 200~450°C 附近の變化の原因が青脆現象の同一素因を成すものなりと做すものなり。即ち此の温度附近に於ては前述せし如く粒子間の移動接觸度は最大に達し茲に粒子間隙の最少状態を顯するものにして従つて今壓搾、伸張、牽引等の變形に對しては最も融通のつき難き状態にあるは自明にして此の際機械的變形を與ふれば伸長性に乏しく容易に龜裂折損の傾向を有すべく所謂青脆現象として現はるるものと考察せらる。又粒子間隙最少にして融通付き難き該温度に於ては斷面收縮率の減少する事も容易に首肯せらるべし。他方に於て又強度に對し弱點を有する粒子間隙の最少状態に於て硬度の増大、耐伸強度並に衝擊強度も増大せらるべし。尙ほ上述の如き龜裂現象は煉瓦の加熱冷却による場合に於ても屢々遭遇する所にして事實煉瓦は主に赤熱状態に於て此の現象を呈するものなるが恰も此の温度に於ては熱間通氣率測定の結果によれば通氣の減少割合が最も急激となり粒子間の融通し得ざる結果として發現するものと⁸⁾ 考へらる。次に注意すべきは從來炭素鋼の青脆變化並にそれに伴ふ周知の耐伸強度の増加等の現象は實際作業に於ては 200~300°C に於て展示せられ、又一般に是認せらるるにも拘らず熱間硬度試験に於ては温度是より偏異し400~600°C に於て顯はれ硬度著しく増加すると今日迄考へらるるも著者の硬度測定第15圖並に H. J. French 氏報告(製鐵研究、第94號、大正15年9月 p.15, Fig.11)の結果を見るに青脆變化に伴ふ熱間硬度の變化としては矢張り他の隨伴諸物性と同様温度 300°C 附近に於て正しく硬度増加の現象を展示す。従つて 400~600°C の硬度の増加は青脆に伴ふ物性の顯れには非ずして温度上昇の爲めによる材質軟化状態の壓搾效果に歸すべきか、事實に於て炭素鋼を加熱状態に於て鍛鍊するに龜裂は 300~350°C に於て顯はれ 400°C 以上に於て

¹⁰⁾ 數種の鋼の熱處理と機械的性質 九州機械工業會誌第36號

(昭 10, 4, 17 日)

¹¹⁾ Revue de metallurgie 31e Année Novembre 1934
No. 11, 401~404

は是の事實なし(當研究所吉田技手試験)。

次に衝撃試験に於ける靑脆變化の隨伴性の顯れとしては實際作業に於ける靑脆溫度たる 200~300°C を偏異し即ち 400~500°C に於て著しき強度の減少ありとせる者あると金屬研究、第 11 卷、第 6 號、p.268 及び 鐵と鋼 第 18 年、第 3 號、黒心可鍛鑄鐵の熱特性に就て第 18 圖及び同記事) 前記 French 氏報告 p.18, Fig.13 並に三菱長崎造船所材料實驗報告(轉寫して本報告第 15 圖⁽¹⁾ 及び第 15 圖⁽²⁾) の試験結果及び當研究所森寺技師試験結果第 15 圖⁽³⁾ に於て見る如く何れも事實上の靑脆溫度たる 300°C 附近に於て明かに強度の増加を示せり。是れ即ち靑脆現象に伴ふ衝撃強度の變化の顯はれにして靑脆現象の本性に就ての著者の考察に従へば衝撃強度の増加を招來するは容易に了解せらるべし。

尚ほ約 400°C に於ける強度の減少は正しく加熱効果による材質軟化のための一般強度の減少に歸すべく斯の如き状態に於ては鍛鍊加工等の機械的操作に對しても龜裂折損等の現象を展示せざるは事實の示す如く容易に推思せらるべし。

以上に於て靑脆現象の素因と同時に是れに隨伴する諸性質は概記せられたり。今是れを要記すれば靑脆現象の素因は金屬自體の有する固有膨脹率の多少並に各粒子の形狀寸法、存在の状態等によつて支配せらるるものにして是れを具體的に述べれば熱的或は機械的加工操作等によつて各粒子並に粒子間の接觸部に應力を存せしむる事によつて著しく此の現象を顯著ならしむるものと考察す。又隨伴的諸性質としても從來知られたるは (1) 耐伸、衝撃抵抗等の強度の増大(降伏點強度等) (2) 熱間硬度の増大 (3) 延伸率並に断面收縮率の減少 (4) 著しく歪を受けたる物の焼鈍後の強度の増加等にして著者の測定結果により更に次の性質の隨伴するを知れり。(5) 傳導率の増加 (6) 膨脹率の増加。(7) 眞比熱の増加等是れなり。

III. 普通鋼 3 種に就て實測せる傳導率、膨脹、眞比熱に就て

前記第 II 章に於て測定せる試料は何れも實驗の爲め特に當坩堝鋼工場に於て配合し炭素以外の不純分は可及的同一ならん事を期せしものなり。次に實際作業に於ける當所製平爐鋼 3 種に就て同様の實測を行ひたる結果を次に示さんとす。試料は極軟鋼。造船鋼。軟鋼の 3 種にしてその顯

微鏡組織は第 16 表に又化學成分は第 6 表に示さる。尚ほ試料は何れも 850°C に於て 2 時間半焼鈍せるものなり

(1) 傳導率の測定結果 測定方法等は前章の場合と全く同様にして各溫度に於ける測定値を第 7 表に示す。是れを第 17~18 圖に示す。尚ほ溫度 50°C 毎の傳導率の値を第 17~18 圖より読み取り第 8 表に示す。又溫度の變化と傳導率の變化割合との關係を求むるに第 19~20 圖に示すが如し。

以上の結果を見るに前章鋼塊 4 種のそれと殆ど同様にして炭素量に對してはその含有量少なき丈け傳導率の値大なり。但し溫度 500°C 以上はその關係明瞭ならず。又溫度の上昇に對しては何れも傳導率は減少す、200~450°C の間に傳導率の大となる範圍の存する事は前記鋼塊の場合と同様なり。

(2) 熱容量 (ρC) の計算 前記第 1 節に於て測定せる熱傳導率 (K) 及び溫度傳導率 (k) の各溫度に於ける兩者の比として熱容量 (ρC) が計算せらるべし。第 7~8 表に示す。又第 21 圖に是れを示す。

(3) 膨脹率測定並に比重 (ρ) の計算 試料の寸法測定方法等全々前 II 章 3 節に述べしと同様の方法によつて測定す。即ち傳導率測定試料より採取せり。測定は 10°C 毎に行ひ其の數値を第 9 表に一括して示す。

次に數値を圖示して第 22, 23 圖及び第 24 圖に示す。圖に於て曲線 (I) は 10°C 毎の加熱並に冷却時の膨脹を示し、曲線 (II) は加熱の際の膨脹率を示す。又曲線 (III) は加熱に要せし時間と上昇の状態を示す。

以上の結果を見るに曲線 (II) に於て矢張り溫度 200~450°C 内外に於て膨脹率の大なる結果を示せり。是れ前記第 II 章に於て説明せる如く該溫度範圍に於て加熱に基く各粒子間隙の位置的關係が總括的に減少し爲めに膨脹率の増大を招來せるものと認む。

(4) 眞比熱 (C) の計算 次に 3 種試料に就て各溫度に於ける眞比熱 (C) を求むる爲め第 9 表より各溫度に於ける比重 (ρ) を 50°C 毎に計算して其の結果を第 25 圖に示す。次に前記第 21 圖に示せる熱容量 (ρC) と比重 (ρ) の値(第 25 圖に示せる)より兩者の比として各溫度 50°C 毎の眞比熱 (C) は容易に計算せらる。今是れを圖示すれば第 26 圖の如し。

以上の結果を通覽するに炭素含有量による眞比熱 (C) との關係は明瞭なる結果を見ず。但し溫度に對しては何れの

試料も 300°C 附近を以て比熱の變化割合が最も大となるは鋼塊 4 種の場合と同様なり。

以上普通鋼 3 種に就て實測せる傳導率、膨脹率並に計算により求めたる眞比熱の結果に就て考察するに前 II 章に於ける鋼塊 4 種の結果と同様に即ち 200~450°C 範圍に於て矢張り傳導率並に膨脹率、眞比熱の増大等の結果を示し靑脆變化と同一素因より成る隨伴的諸性質を展示するものゝ如し。

IV. 鋼の炭素含有量による傳導率の變化

前記第 II 章及び第 III 章に於て炭素含有量の異なる 7 種の鋼に就て約 700°C 迄各温度に於て熱傳導率 (K) 及び温度傳導率 (k) を實測せり。鋼の高温度に於ける兩傳導率の測定數値は從來結果割合に少なし。然るに實際作業に於ける例へば鋼片の壓延作業や鍛鍊作業の際等に於て各温度に於ける冷却速度等前記熱の兩恒數に關係する問題多々あるを見聞す。仍つて前記實測 7 種鋼塊の結果を第 27~28 圖に總括圖示して参考に資せんとす。結果に就て概記せば温度 50°C 乃至 100°C の如き割合に低温度に於ては含有炭素量の影響著しく炭素量増加せば傳導性は急激に減少す。但し温度上昇につれて此の影響は尠なく温度 500°C 以上に於ては鋼の傳導性は熱並に温度傳導率共に何れの炭素含有量に就ても略ぼ同一にして炭素の影響は極く僅少なり。尙ほ詳細は第 27~28 圖に就て考察せらるべし。次に炭素量と温度並に傳導性の三者の關係を一目し概念を得んが爲めに第 27_(a)~28_(a) 圖に是れを立體的に示す。

V. 高温度に於ける眞鍮の傳導率、膨脹率、熱間硬度の測定と靑脆温度に就て。

靑脆變化の現象は各種金屬に顯出し尙且つ略ぼ一定の温度に於て惹起せらるる事は從來認められたる事實にして前章に於ては鋼の靑脆變化の考察と更に夫れに伴ふ各種物性に關して相互の關係を説述せり。從來眞鍮合金に就ても靑脆温度の存する事は一般に知られたる事實にして著者は鋼の靑脆變化の際と同様に眞鍮に就ても矢張り隨伴的變化を呈するや否やを知らん爲め傳導性、膨脹、熱間硬度測定等を施行し牽いては此等の物性に於ける異常變化の存否に仍つて逆に眞鍮の靑脆温度等を知らんと欲せし次第なり、以下是等に就ての測定結果を述べんとす。測定試料寸法並

に方法その他等は鋼の場合と全然同様なり。實驗に供せし資料は Cu : Zn の割合 7 對 3 の豫定を以て當研究所鑄物實驗室に於て作りしものにして操作次の如し。即ち先づ銅を 1,100°C 以上にて熔解し其の表面を藁灰を以て覆ひ之れに亞鉛を靜かに押し込み亞鉛の添加終れば攪拌し温度を 1,100°C 内外に上昇し次に 1,000~900°C に冷却するを待ちて金型に鑄入す。金型の内表面には黒鉛粉末を薄く塗布せるものなり。壺は黒鉛坩堝を使用せり。以上の操作により作れる試料を實驗前 650°C に 1 時間半焼鈍す。實驗に供せし試料の化學分析結果は第 10 表に示さる。其の顯微鏡組織は第 29 圖に示すものなり。鋼の組織に比すれば明瞭にして且つ整然たる結晶粒の發達を示せり。尙ほ且つ組織中結晶の中間に介在せる他の結晶の成生の爲め方向を異にせる 2 種の結晶状態が存在せるは後述せんとする眞鍮の物性に於て前後 2 回の異常状態の存する事と照合し注意すべき事象なり。

(1) 傳導率の實測結果 前章鋼の場合に靑脆變化に伴ふ物理現象の中にて熱的性質に於て特に傳導性に對し顯著なる變異状態を示す事を知れり。仍て先づ 600°C 迄の熱傳導率 (K) 及び温度傳導率 (k) を測定せり。實測各温度並に其の兩傳導率の數値を第 10 表に示す。又此の數値を圖示するに第 30 圖に示すが如し。

次に 50°C 毎の兩傳導率の値を求めて第 11 表に示す。其の結果を見るに温度に對する傳導率の關係は温度上昇に伴ひ大體的に減少するの傾向を有するは鋼の場合と同様なり。但し眞鍮に於ては鋼の場合と異り 600°C 迄に 2 回の傳導率の増大するの性質を有し且つ初めの變異温度たる 250~400°C に於て最も著し。第 2 の變異温度は 400~550°C に範圍するを見るべし。但し増大の割合は尠し。

次に眞鍮の傳導率測定結果に於て變異現象が前後 2 回の温度範圍に存する事は試料の顯微鏡組織第 29 圖と参照して結晶方向の異なる従つて熱膨脹率を異にするならんと思はるゝ 2 種の結晶の存在するに非らざるかを推想せしめらる。次に各温度に於ける眞鍮の熱容量 (ρC) は (K) と (k) の比として第 11 表に計算せらる、又是れを第 30 圖に示す。

(2) 膨脹率測定並に比重 (ρ) の計算 試料は傳導率測定に使用せし試料より製作せし物にして寸法並に測定の方法等は鋼の場合と全々同様にして唯だ異なるは窒素瓦斯中に於て測定せり。測定數値を第 12 表に示す。是れを第 31 圖

曲線(I)の如し。今此の結果より膨脹率を計算するに其の數値は第 12 表中に示すが如く又第 31 圖曲線(II)に示すが如し。結果を見るに膨脹は鋼よりは多少大にして膨脹率曲線(II)に於ける如く 250~400°C の溫度範圍並に 400~550°C の溫度範圍の前後 2 回に於て膨脹率の値が大となるの現象を鋼の場合よりも明かに示せり。最大となる溫度は夫々 350°C 及 470°C 附近にして前記傳導率測定結果第 30 圖に於ける變化溫度と合致せるは是等溫度範圍に於て眞鍮には確かに熱的變化の存するを證すべきなり。

次に眞鍮の膨脹測定數値より比重 (ρ) を計算して第 11 表に示す。又是れを第 32 圖に示す

(3) 眞比熱(C)の計算 眞鍮に就て測定せる前記熱容量(ρC)の値第 30 圖及び第 11 表と前記計算の比重(ρ)の値第 32 圖並に第 11 表とより眞比熱(C)は容易に計算せらる。第 11 表に結果を示す、又第 33 圖に是れを示す。今其の結果を見るに前記膨脹率、傳導率の兩測定結果に於ても同様に前後 2 回の比熱の増大する變化あるを認めらる。尙ほ且つ其の變化の最も著しく顯はるる溫度は夫々 350°C 及 470°C 附近にして前者と互に合致するを見るべし又第 1 回變化が第 2 回變化よりも更に明瞭に現はるる點も前記膨脹率、傳導率の測定結果に於けると同様なり。

(4) 熱間硬度の測定 鋼に比すれば眞鍮の熱間硬度は大凡そ外に過ぎず。従つて其の變化も明確に顯はれざるに非らざるかと思はるるを前記實驗の参照資料にと考へ溫度 600°C 迄の熱間の落下衝擊硬度を測定せり。測定方法、試料の寸法、計算等は鋼の場合と全々同様なれば略す。但し試料は實驗前 650°C \times 2 hrs に焼鈍して 700°C 迄の傳導率測定に供せし試料より準備せるものにして 20 mm 角の試料 20 個宛採取す。實驗前は等試料は更に 650°C +2 hrs 焼鈍せり。尙ほ試料には多少の鑄物巢を有し且つ低溫度に於ける硬度測定に對しては球痕が眞圓より多少變異する傾向ありし爲め球痕の直徑は少くも 4ヶ所の實測の結果を平均として硬度を計算せるものなり。測定は全試料 30 個に就き 1 回宛即ち 30 回施行せり。其の結果は第 13 表及び第 34 圖に示さる。第 34 圖に見る如く結果餘りに明確ならざるが如きも平均結果と考ふべき曲線を同圖に求むるに前傳導率、膨脹率、比熱の結果に見る如く矢張り溫度 352°C 及び 470°C 附近を最も顯著とする硬度の増大變化あるを見るべし。

(5) 眞鍮の青脆變化に就て 以上著者は鋼の青脆變化とその本質に關連して從來周知の事柄に屬する眞鍮の青脆性に就て平行的實驗を施行せり。即ち一面には眞鍮自體の有する青脆溫度の明確なる決定並に隨伴諸性を視知せん事を欲し他面には眞鍮の青脆變化に伴ふ前記諸物理的性質が鋼の場合と同一なる變化を有すか否や牽いては著者の青脆變化の本質の説明に於て眞鍮の場合に於ても同様に説明され得るや否や即ち前記鋼の青脆現象の説明の正否の立證的資料たらしめんとせり。

測定結果を總括するに青脆變化の本質の説明に對しては鋼の場合と同様に著者の所説を充分に立證せしむるの事實を展示せり。従つて逐一に就ての所論は略し所詮眞鍮に對しては明かに青脆溫度を有し然も前後 2 回の青脆現象を呈するを知れり。但し第 2 變化は現象微少なり。又現象の著大なる溫度は約 350°C 及び 470°C 内外なり。勿論鋼の場合と同様に試料の配合加工、其他によつて多少の高低あるは本質の性質上當然なり。

尙ほ眞鍮に就て測定せる前述の變化と鋼の場合を對照する時眞鍮の膨脹率、傳導率並に比熱の測定結果に於て此等青脆變化の隨伴性に顯はるる變化の状態が明瞭なるに注意せらるべし。是れは青脆變化の素因を爲す眞鍮の組織が鋼のそれよりも整然たる結晶の發達を有し結晶粒周縁部に於ける熱的應力變化が従つて鋼の場合よりも規則正しく即ち變化が累加的に行はれるに起因すべし尙ほ且つ結晶粒自體の膨脹率がより大なるに因るべし。但し熱間硬度測定値に就て青脆變化に伴ふ變化が明瞭に顯れざるは是れ眞鍮自體の硬度低くして測定の際球痕の直徑が鋼の如く判然ならざるが爲めに因るものと考へらる。

VI. 白銑及び鼠銑鐵の傳導率測定と青脆變化溫度に就て

銑鐵の熱間に於ける傳導率の測定を行ひ以て前述來說せるが如く青脆現象に隨伴する變化の存在するや否やを知らんと欲す。更に銑鐵類の傳導率の決定は實際作業に起る例へばロール材の龜裂現象等の如き問題の解決にも必要とせらるる事多し。然るに銑鐵の傳導率の測定には種々の原因により從來標準的の結果を求められざるの感あり。是れ一には試料の性質が化學成分によつて決定せられず且つ熱處理によつても著しき傳導性の變化を生ずる等に因るものと推思せらる。著者の供試體は當研究所鑄物實驗室に於て準

備せり。試料は白鉄 4 種と鼠鉄 3 種にして特に Mo を 0.35~0.55% 配合せるものなり。試料の化學成分を第 14 表に示す。顯微鏡組織を第 35 圖に示す。寫眞に明かなる如く白鉄の組織は白色部のセメントイトと黑色部のパーライトよりなり樹枝状をなすもの多し。白鉄 No.3 にはパーライトとセメントイトの共晶組織が多少成生せるを見る(寫眞の中央部に小點々在す)及鼠鉄鐵の主要組織は黒き脈狀の黒鉛とパーライト地より成り外に多少の磷化物の成生あり (No.4 及 No.5 の寫眞の中央部) 試料の寸法。測定法等は鋼の場合と同様なり。但し試料は當所鑄物實驗室にて電氣爐にて熔解し鑄造せるものを單に試料寸法に仕上げ成形せるのみにして焼鈍等の操作を行はざるものなり。白鉄は金型に鼠鉄は砂型にて鑄造せり。今測定結果を圖示するに第 36~37 圖に示すが如し。今是れより温度 $50^{\circ}C$ 毎の數値を求めて第 16 表に示す。又實測の各温度に於ける熱容量 (ρC) を第 15 表に示す。更に各 $50^{\circ}C$ 毎の熱容量は第 16 表に示せらる。第 38 圖は是の數値を圖示するものなり。次に第 36~37 圖より温度 $10^{\circ}C$ 毎の熱傳導率 (K) 及び温度傳導率 (k) の温度に對する變化割合を求むるに第 39~40 圖に示すが如し。是れは兩傳導率の温度に對する變化状態を一目に瞭然たらしめんが爲めなり。傳導率測定の結果を概説せば鑄鐵は鋼の如く規則正しき變化を示さず。是れ顯微鏡組織にも見る如く試料自體の不均性によるものと思はる。

尙ほ鼠鉄は白鉄に比し約 2 倍の傳導性を有するを見るべし。是れ黒鉛の如き含有組成成分より考へても當然なるべし尙ほ鋼に比すれば鼠鉄と雖も傳導性は又鋼の約 $1/2$ に過ぎず。次に鼠鉄は温度 $350^{\circ}C$ に於て傳導率の値最大となり $600^{\circ}C$ に於ては急激に傳導率を減少し其の値約 $1/2$ となる。次に白鉄に於ては $150^{\circ}C$ を以て大とする傳導率の増加する範圍を有す。是れは明かに白鉄を組織するセメントイトの膨脹に起因する傳導率の増大變化なるべし従つて該温度附近に於ても矢張り青脆變化の場合に起ると同様の隨伴的諸性質の展示せらるるや明かなるべし。更に温度上昇すれば白鉄は温度 $350^{\circ}C$ を増大値とする傳導率増加の範圍を有するを見るべし。従つて鋼の場合の如く青脆變化に於けると同様の變化が隨伴するものと思ふ時は傳導率測定の結果のみより推定すれば鉄鐵の有する青脆變化は $350^{\circ}C$ 附近を以てその温度と做し得べし。尙ほ H. J. French, W. A. Tucker 兩氏による鑄鋼並に可

鍛鑄鐵の機械的試験の結果に於て見るに(製鐵研究、大正 15 年 9 月號。94 號、第 2~9 圖) 温度約 $300^{\circ}C$ に於ける耐伸強度、降伏點強度の増大並に斷面收縮率減少等の結果あり。是等青脆變化の隨伴的諸性質が同一温度に於て明かに展示せらるるを照合すれば以上 $350^{\circ}C$ 附近は鑄鐵の有する青脆變化なりと云ひ得べきか。次に菊田博士の鑄鐵の熱傳導率測定に就ての報告第 1 報(鐵と鋼、第 19 年第 1 號 p.8, 第 3~8 圖) の結果を見るに著者の測定結果と數値大略一致し尙ほ且つ菊田博士の測定に於ては餘り明瞭ならざれ共 $350^{\circ}C$ 附近に於て矢張り傳導率増大の事實を示せり。

然れ共測定點僅少にして尙ほ且つ著者測定結果の如くには判然し居らざる爲めか直線的に引ける平均線の外となし此の結果を見逃がし居れり。(同報告第 6~7 圖参照) 尙ほ又菊田博士の鋼の傳導率測定結果に於て見るに試料 No.2 (同上菊田博士報告第 3 圖) は矢張り著者の測定結果(第 2 圖) の如く温度 $350^{\circ}C$ 附近に於て傳導率の増大する傾向を示せど著者の測定結果の如く明瞭ならず是れ前述の如く一つは測定點尠なく尙ほ且つ測定試料の數も尠きが爲めなるべく更に測定の感度に於て著者創案の裝置が鋭敏なるに因るものと思はる。勿論傳導率の數値に於ては兩者殆ど同結果を示せり。尙ほ鑄鐵 7 種の測定結果に於て試料の配合に Mo を添加せる影響は餘り判然ならず。概觀的に言へば Mo の含有大なれば $500^{\circ}C$ 迄は傳導率増加し $500^{\circ}C$ 以上に於ては反對に減少するを見る。

VII. 結 言

本報告の主題は日常製鐵作業に惹起さるる鋼並に鑄鐵の熱間に於ける熱傳導並に温度傳導性の正確なる値の決定に當り從來一般に採用さるる直接加熱法によらずして著者が創製に係る周期的加熱裝置を應用せしにあり。外に眞鍮に就て同様の測定を施行せり。高温度に於ける此等金屬の測定には實驗的困難多く爲めに内外文獻共に多くの結果を見當らず本邦に於ては僅かに二、三あるに止まるのみ。以上の外此等試料に就て膨脹、熱間硬度を平行して測定し又眞比熱を計算より求めたり。

次に鋼に就ての以上實測結果より鋼の青脆現象の本性を論じ一般金屬に對し著者の創説を提示せり。更に鑄鐵、眞鍮の青脆温度の決定等に及べり。鋼、鼠鑄鐵には一つの青脆變化を有し白鉄並に眞鍮には同結果を生ずる變化が前後

二つあるを知れり。又靑脆變化現象は相の變化に非ざるが爲め常には一定溫度に於て起らず其の金屬の受けし熱的並に機械的取扱の工程に仍つて種々に變化する性質のものなる事を結言せり。例へば金屬自體の膨脹率大なるもの及び大なる歪力の状態に存する者丈け明瞭に尙ほ且つ低溫度に於て起る事實となる従つて硬度又大なる場合丈け此の變化が明瞭に顯はるる傾向を有する事が推定せらる。尙ほ靑脆變化に伴ふ諸物理的性質として從來知られたる耐伸強度、降伏點強度並に熱間硬度の増加及び衝擊抵抗強度の増大、更に延伸率、斷面收縮率の減少、加熱冷却後の強度の増加等の外に著者の測定結果として眞比熱の増大、傳導率の増加、膨脹率の増大等の現象をも隨伴するものなるを知れり。

熱間に於ける金屬の熱的傳導率測定装置として著者の採

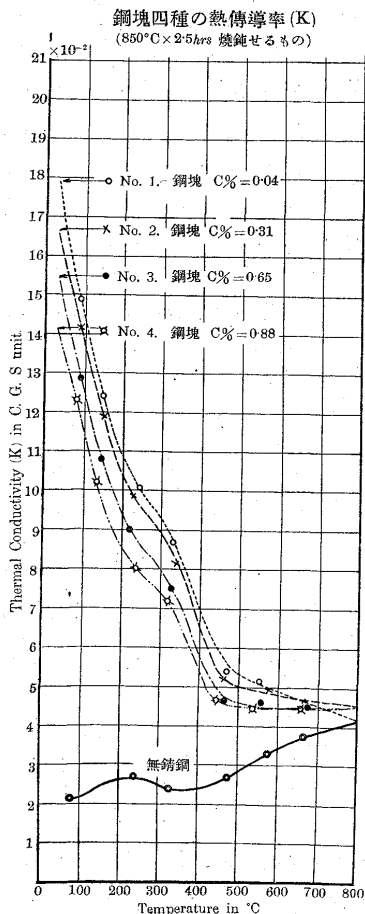
用せし周期的加熱方法は元來耐火材の同目的に創製せられしものなるが本實驗に徴するに從來の直線的加熱法による結果よりも尙ほ感度更に大なるの事實を示せり。唯本裝置は試料の寸法大にして平均値の正確は得らるるも製作に多少の困難あるは缺點とする所なるべきか。

本稿を終するに當り各種本報告の實驗に終始熱心に従事せる職員職工諸士に對して其の勞を多謝し又試料並に報告作製に當り直接、間接に支援を賜はりし諸氏に感謝の意を表す。更に實驗試料の提供を受けし畏友水谷製板部長、野崎特殊鋼課長、同加藤技師並に本稿に關し種々助言を與へられし當所金子博士、森寺、遠藤、吉田各技師に衷心の謝意を呈す。

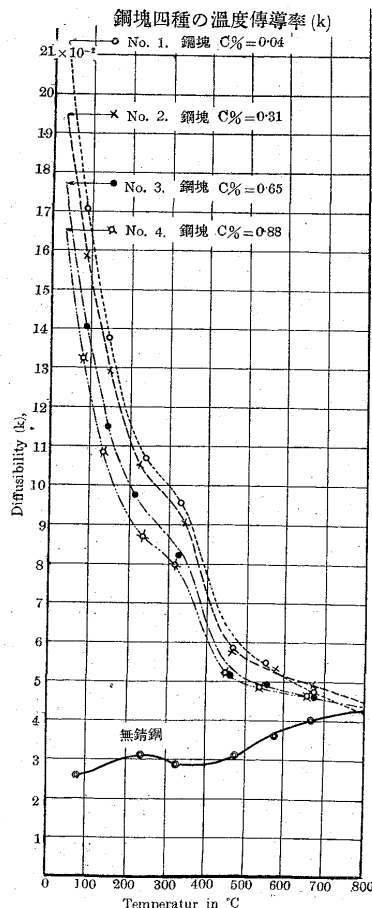
高溫に於ける鋼並に鑄鐵の熱的傳導率測定と靑熱脆性に就て

附 圖

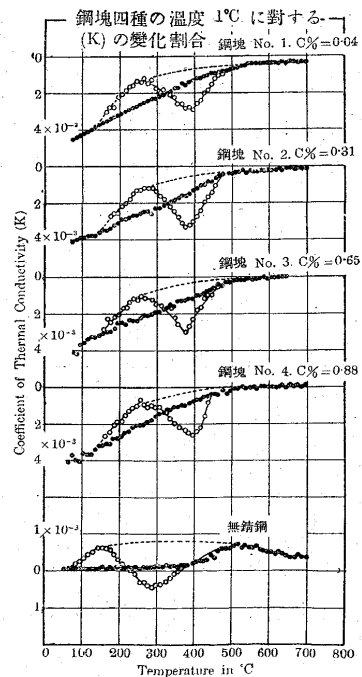
第 2 圖



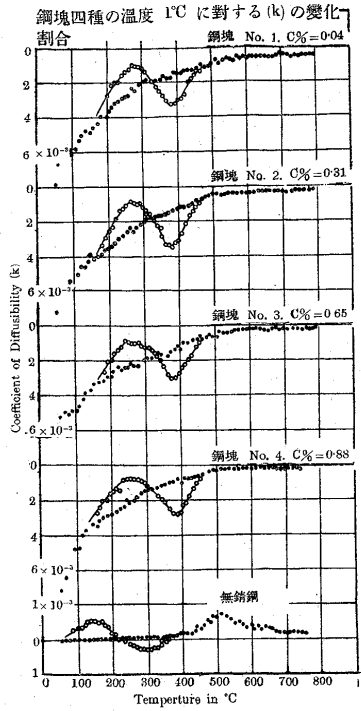
第 3 圖



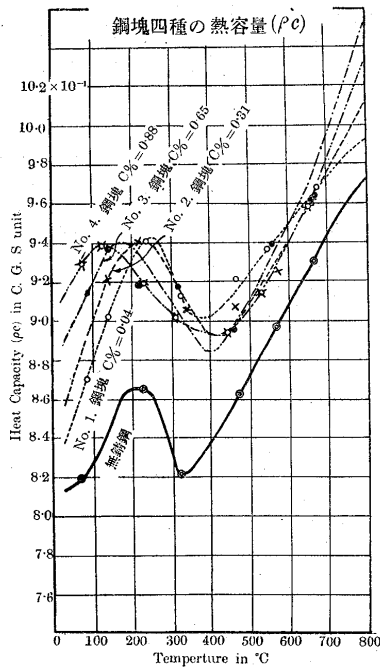
第 4 圖



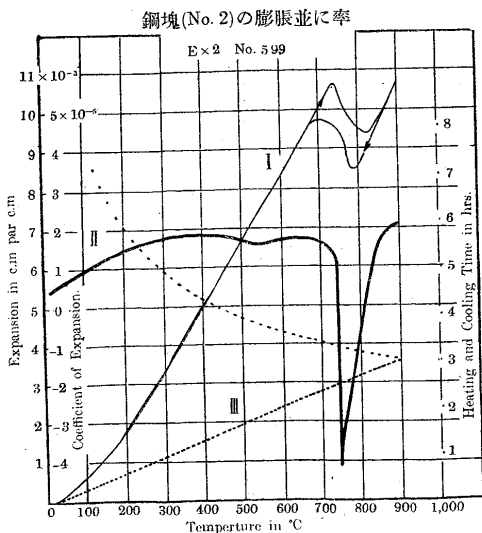
第 5 圖



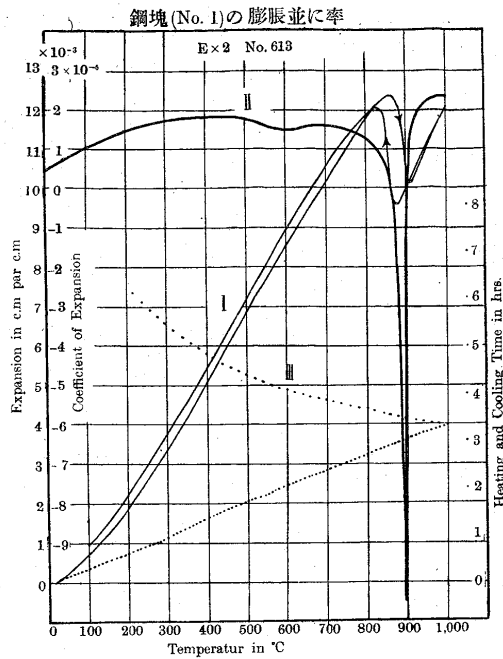
第 6 圖



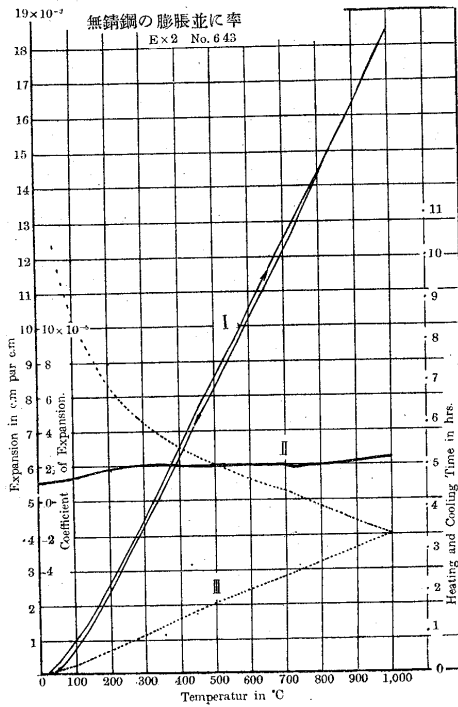
第 8 圖



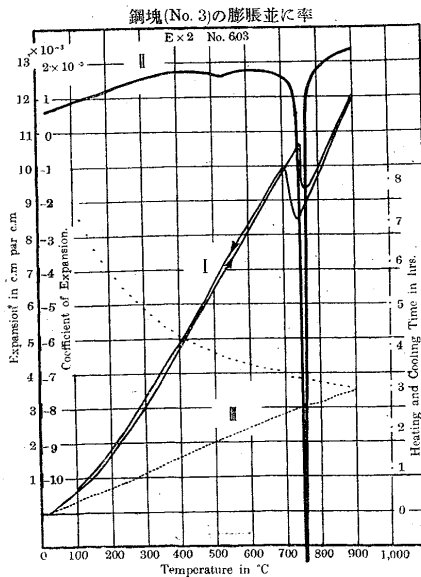
第 7 圖



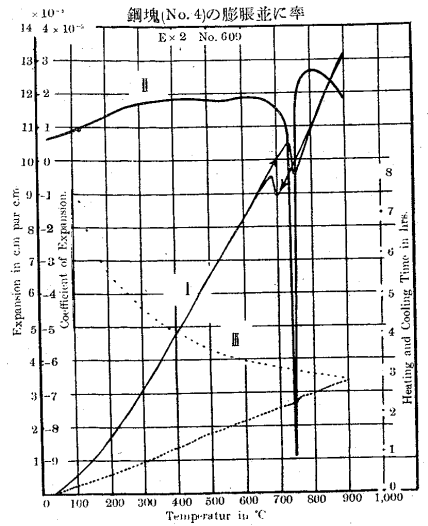
第 11 圖



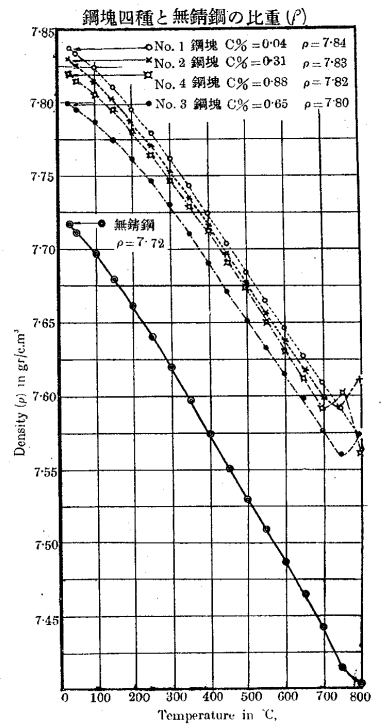
第 9 圖



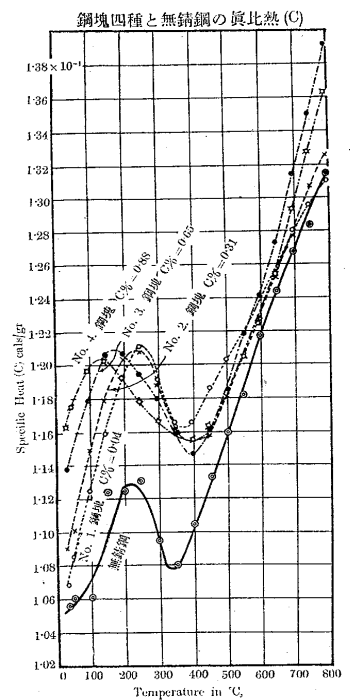
第 10 圖



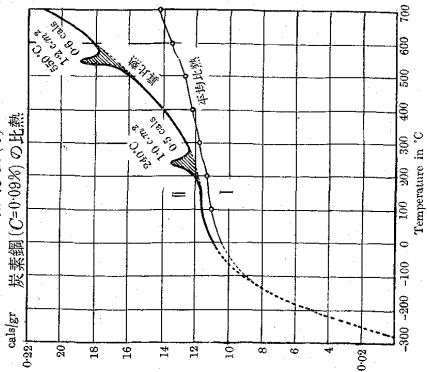
第 12 圖



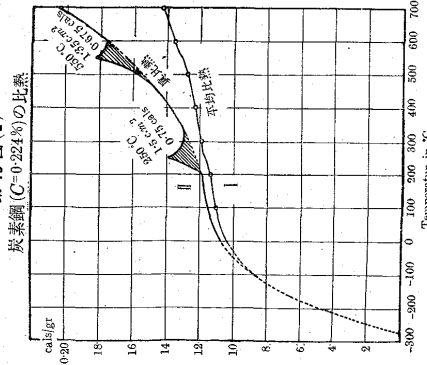
第 13 圖



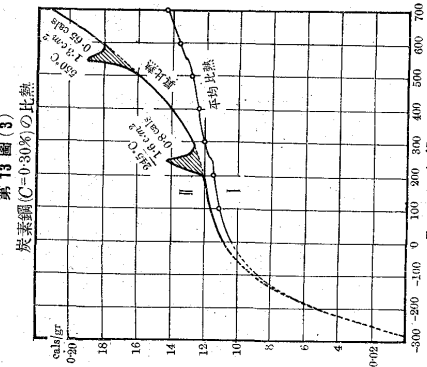
第13圖(1)



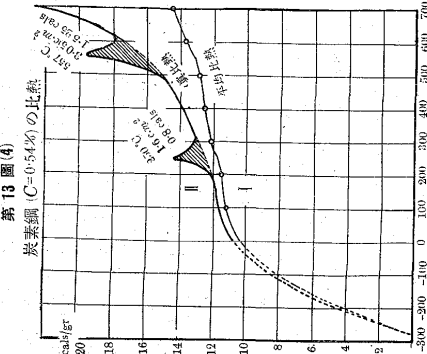
第13圖(2)



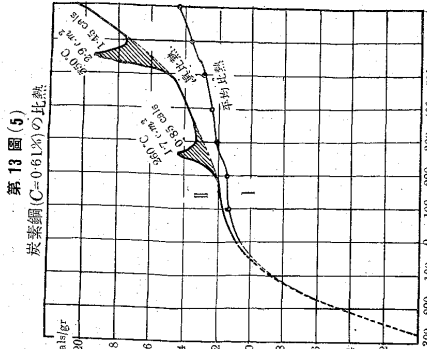
第13圖(3)



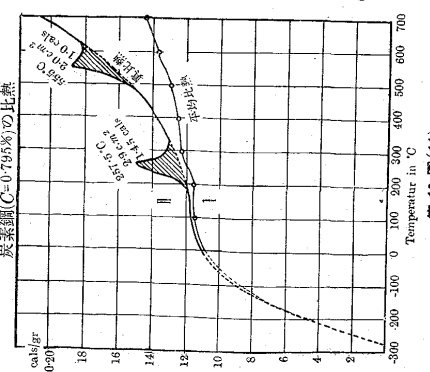
第13圖(4)



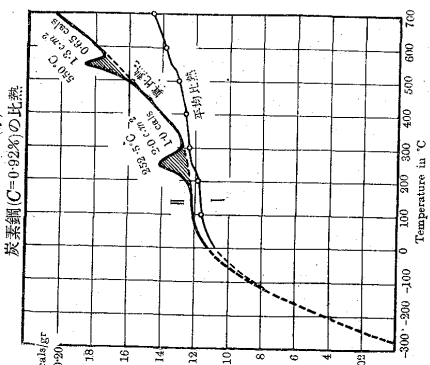
第13圖(5)



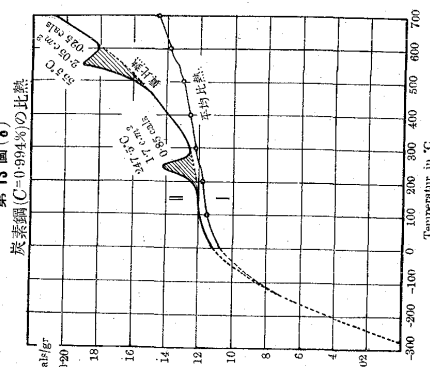
第13圖(6)



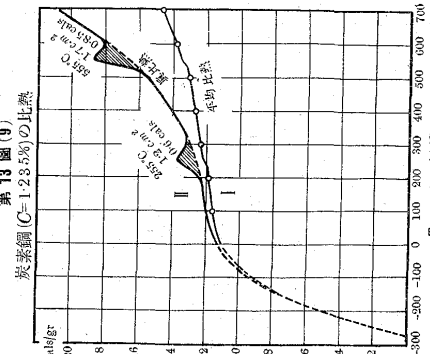
第13圖(7)



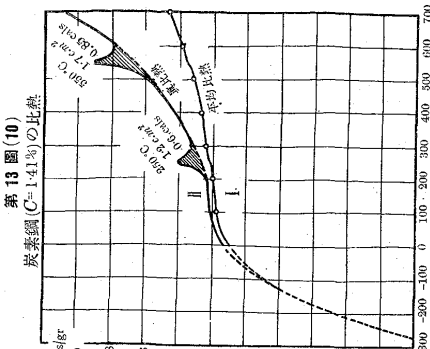
第13圖(8)



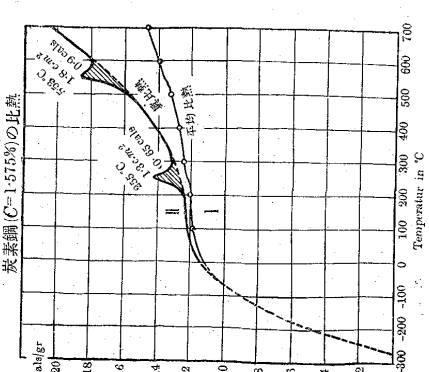
第13圖(9)



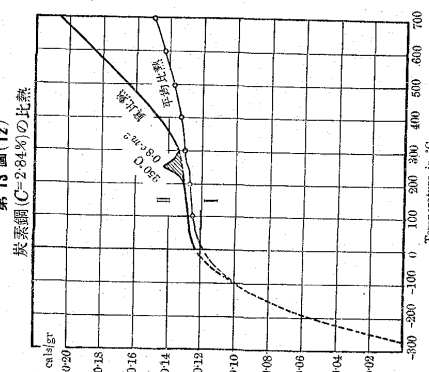
第13圖(10)



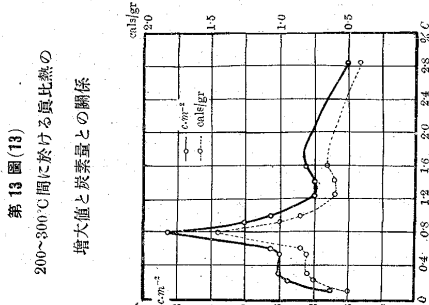
第13圖(11)



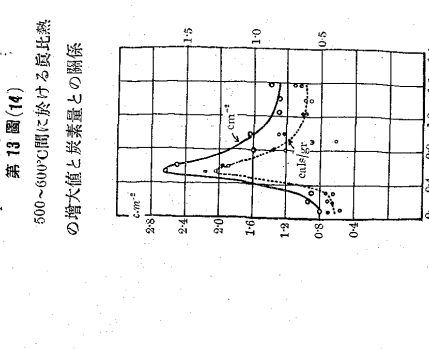
第13圖(12)



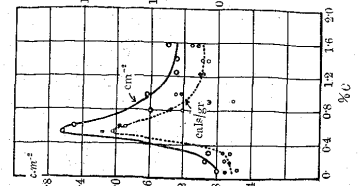
第13圖(13)



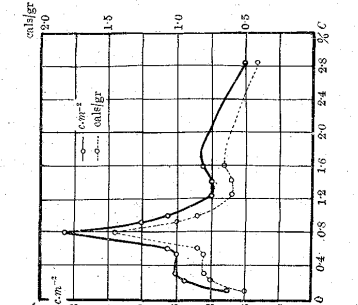
第13圖(14)



500-600°C間に於ける假比熱の増大値と炭素量との關係

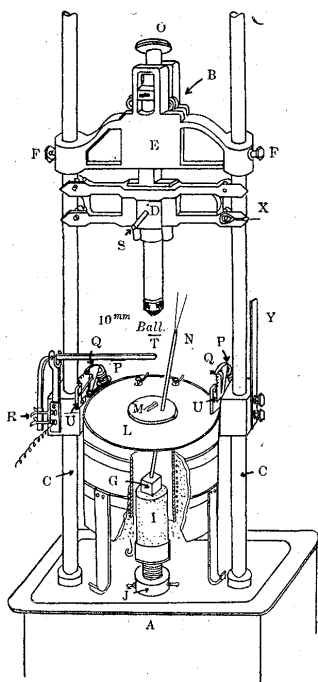


200-300°C間に於ける真比熱の増大値と炭素量との關係



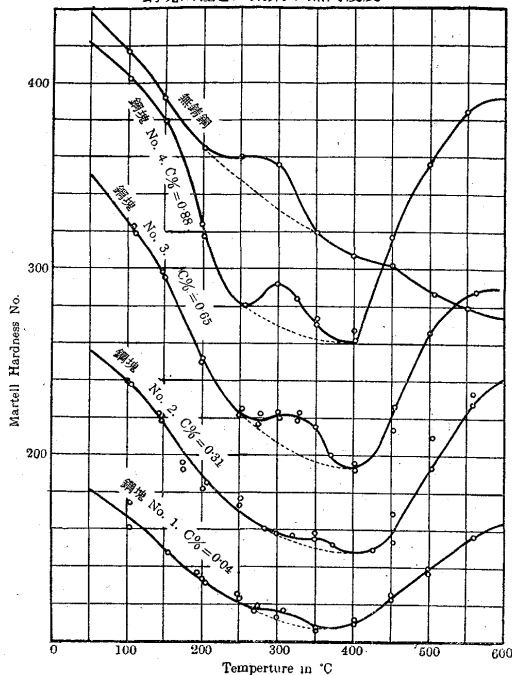
第 14 圖

熱間マーテル落下衝擊硬度試験機



第 15 圖

鋼塊四種と無錳鋼の熱間硬度



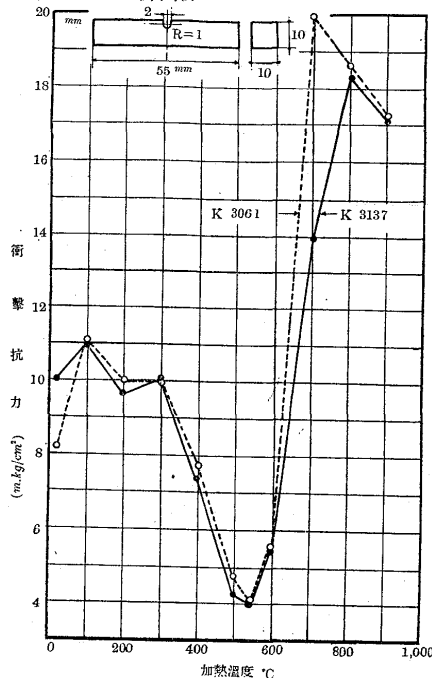
第 15 圖 (3)

汽罐厚板の熱間衝擊試験

試料 19 mm 厚板 (研究所森寺技師)

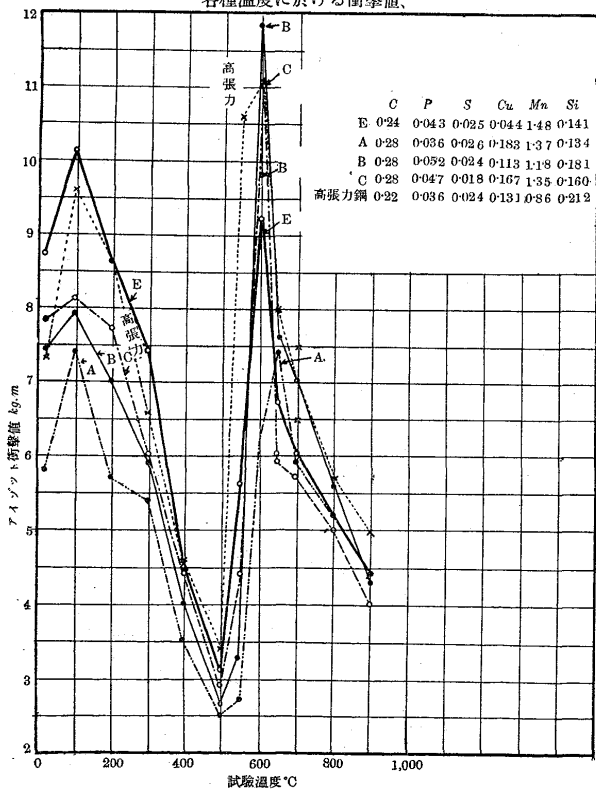
	C	Si	Mn	P	S	Cu
K 3061	0.25	0.020	0.49	0.027	0.016	0.152
K 3137	0.21	0.205	0.49	0.023	0.017	0.194

試片寸法



第 15 圖 (1)

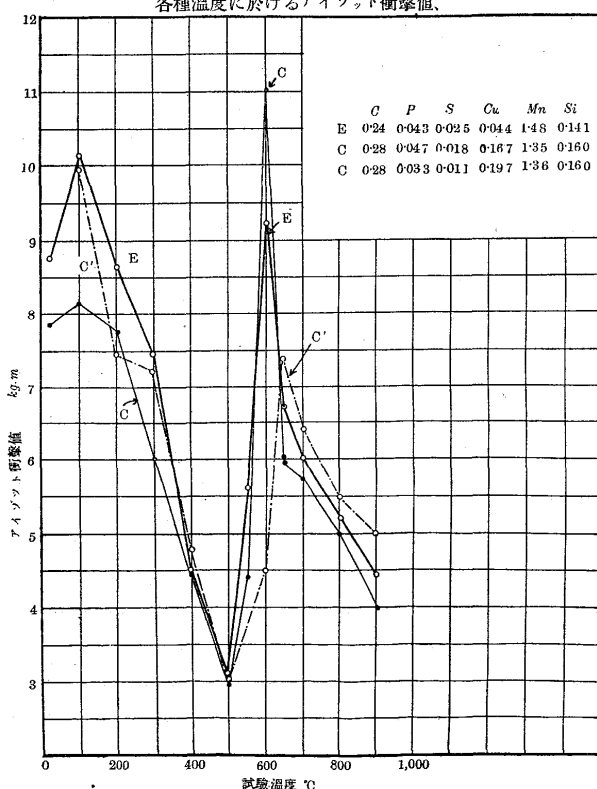
各種温度に於ける衝擊値



(長崎三菱造船所 材料實驗報告)

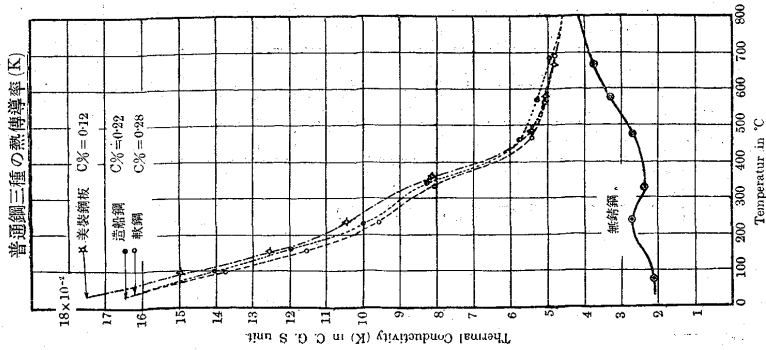
第 15 圖 (2)

各種温度に於けるアイゾット衝擊値

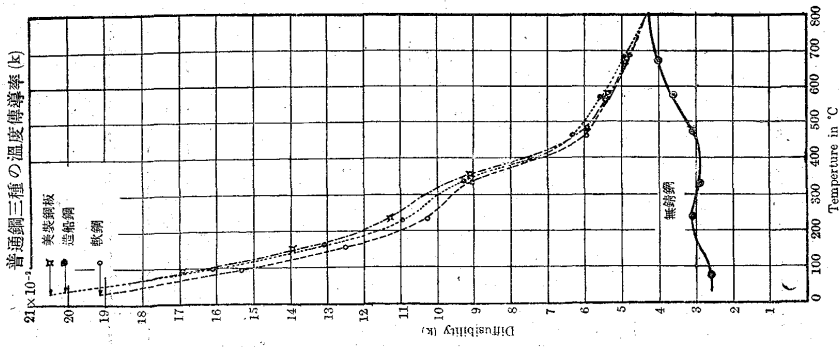


(長崎三菱造船所 材料實驗報告)

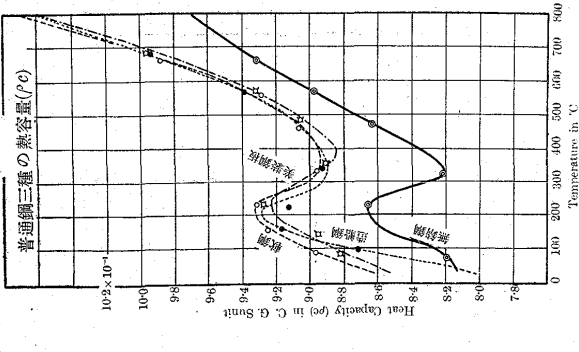
第 17 圖



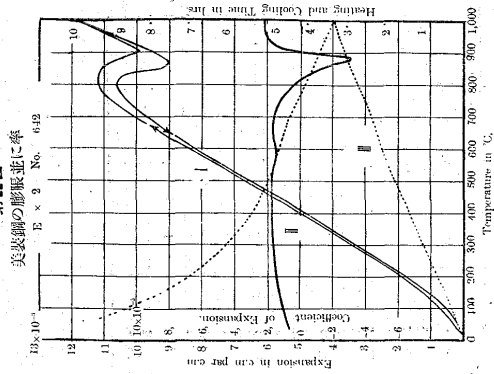
第 18 圖



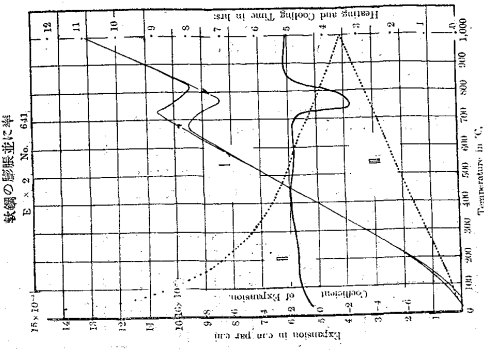
第 21 圖



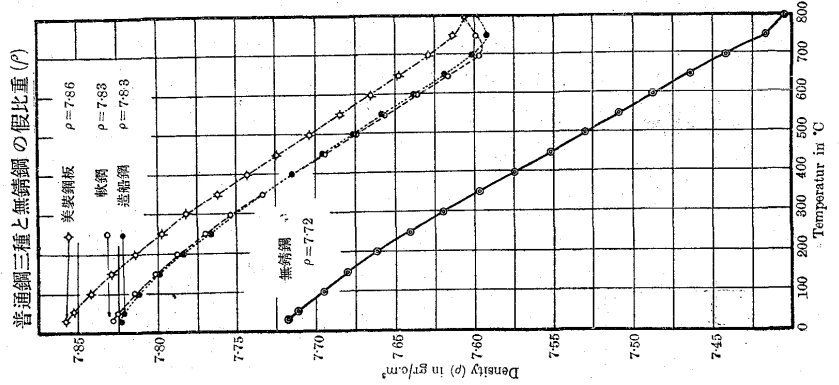
第 22 圖



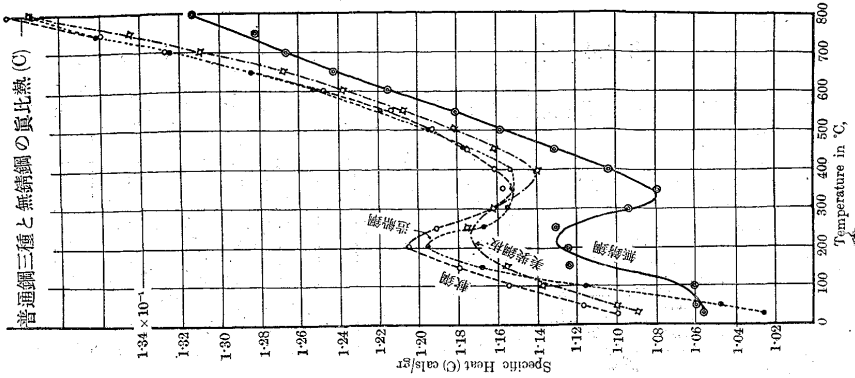
第 24 圖



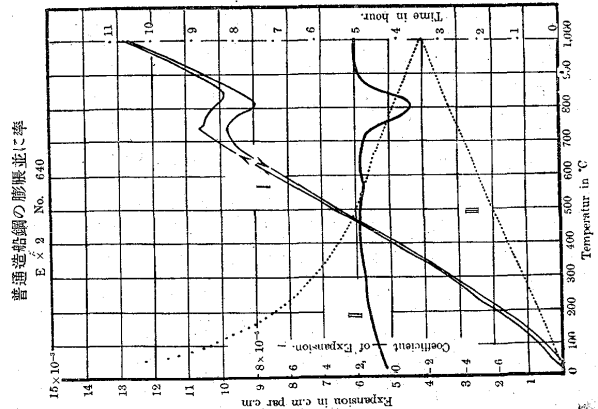
第 25 圖



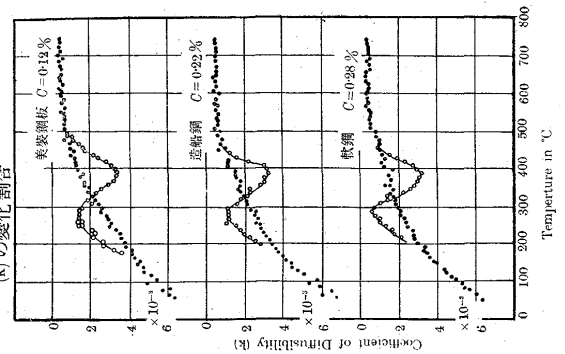
第 26 圖



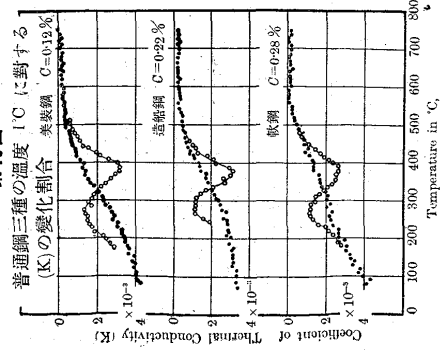
第 23 圖



第 20 圖
普通鋼三種の温度 1°C に対する (k) の變化割合

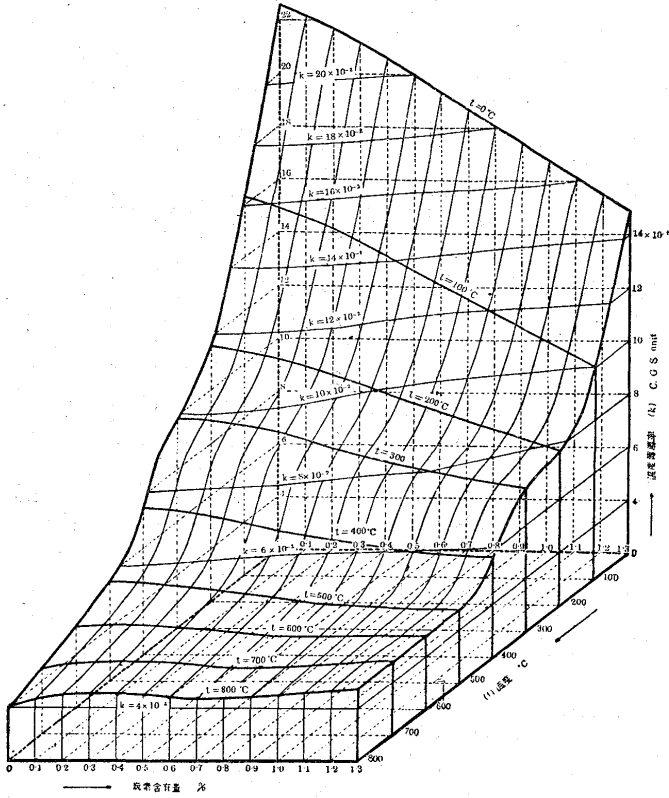


第 19 圖

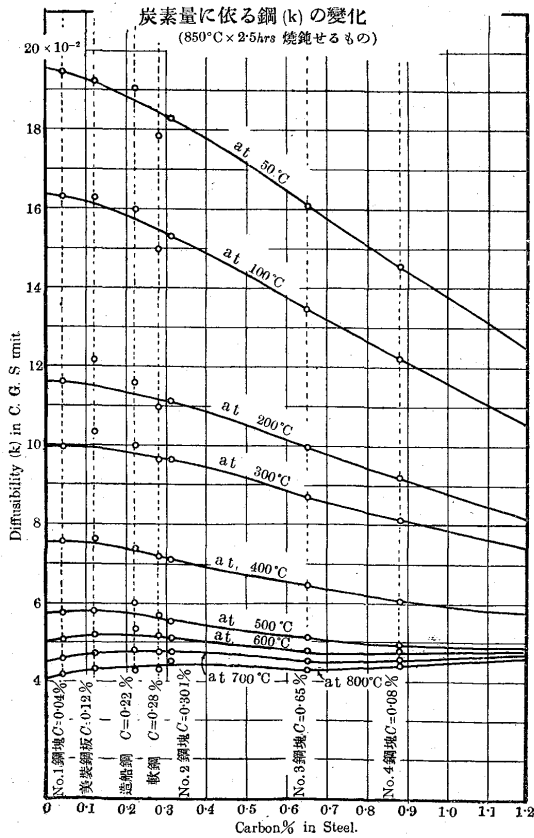


第 28 圖 (1)

炭素鋼の温度傳導率 (k) に温度と炭素量との關係を示す立體圖



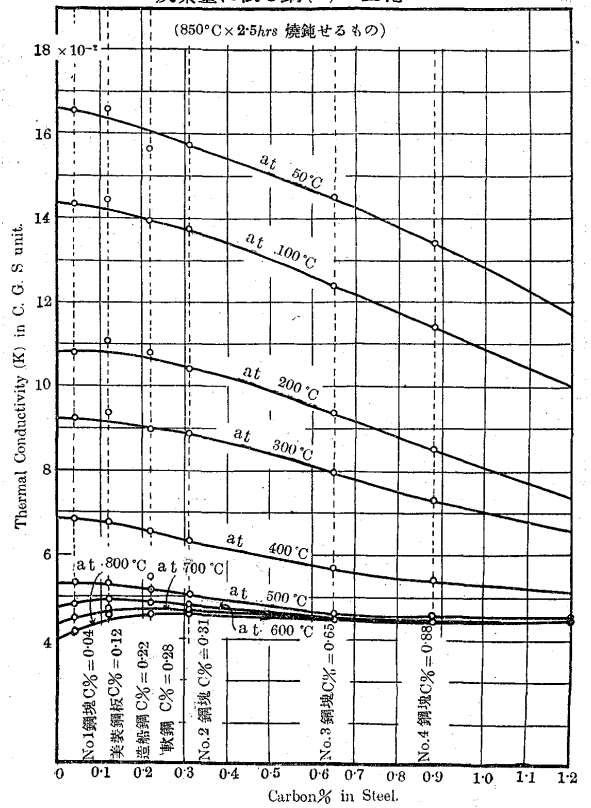
第 28 圖



第 27 圖

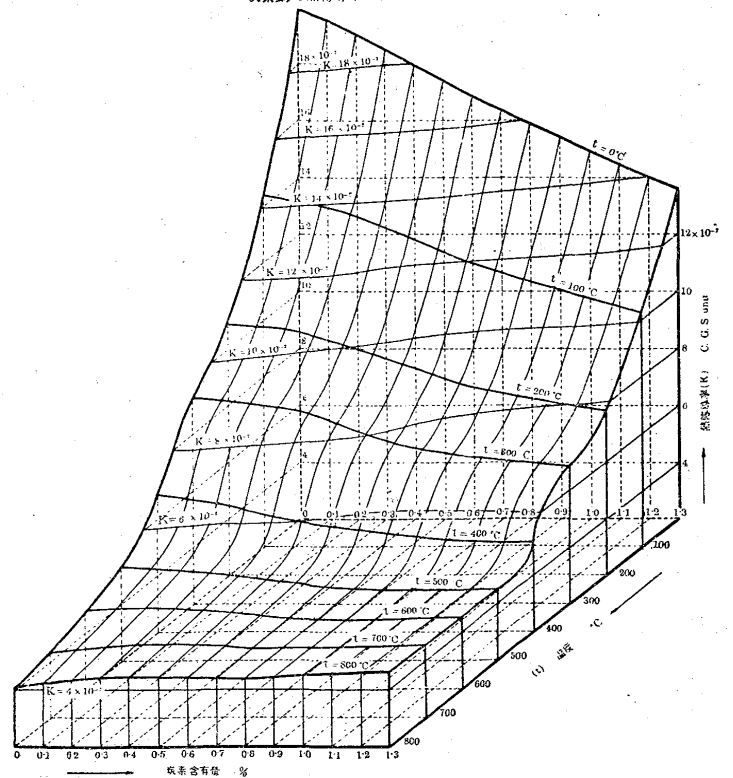
炭素量に依る鋼 (K) の變化

(850°C x 2.5hrs 焼鈍せるもの)

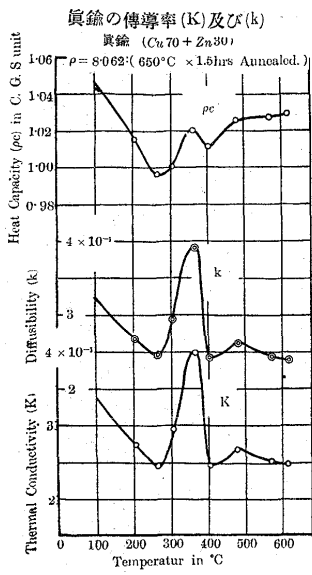


第 27 圖 (1)

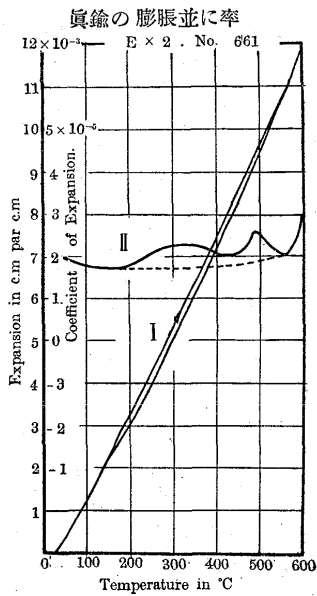
炭素鋼の熱傳導率 (K) と温度並に炭素量との關係を示す立體圖



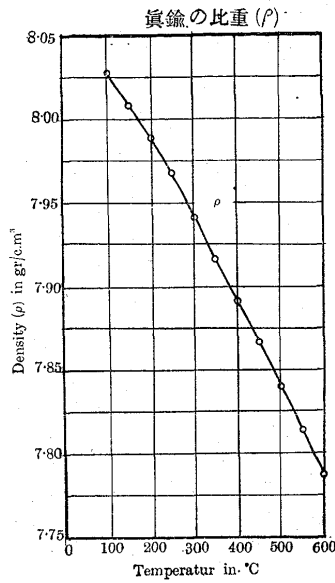
第 30 圖



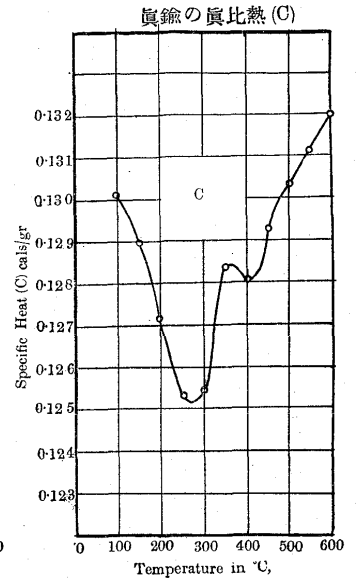
第 31 圖



第 32 圖

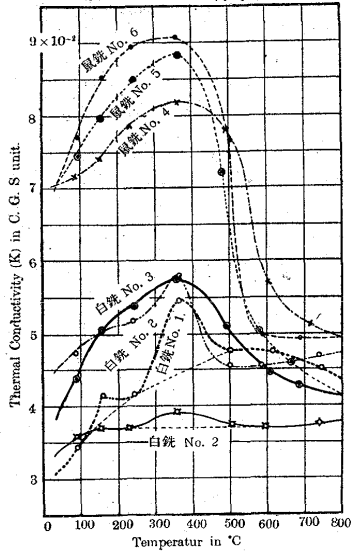


第 33 圖



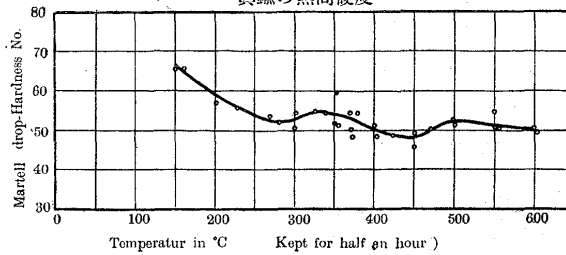
第 36 圖

白鉄並に鼠鉄の熱傳導率 (K)



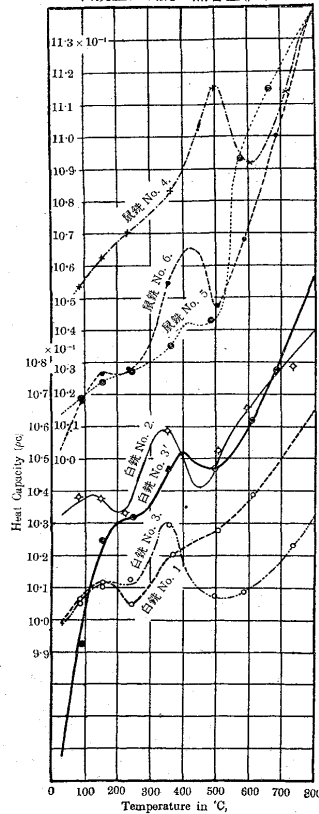
第 34 圖

眞鍮の熱間硬度



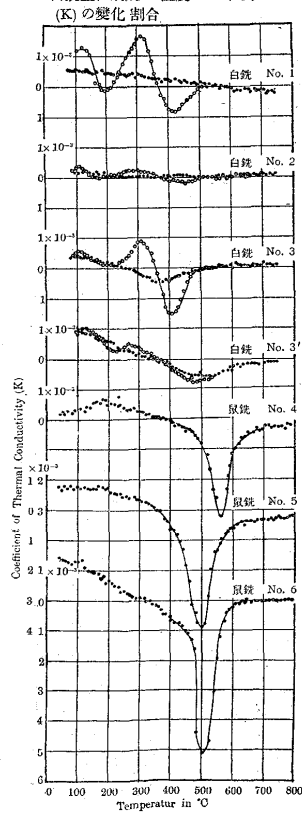
第 38 圖

白鉄並に鼠鉄の熱容量 (Pc)



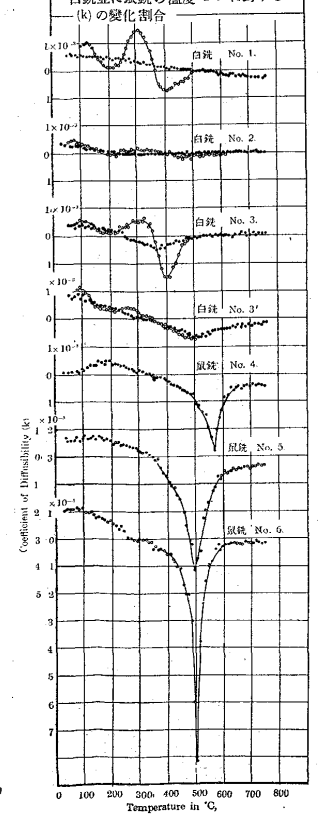
第 39 圖

白鉄並に鼠鉄の温度 1°C に対する (K) の變化割合



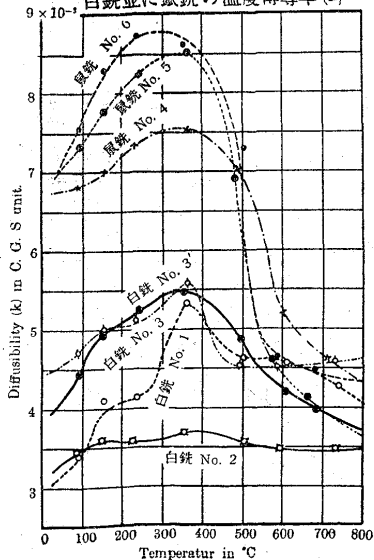
第 40 圖

白鉄並に鼠鉄の温度 1°C に対する (k) の變化割合



第 37 圖

白鉄並に鼠鉄の温度傳導率 (k)



第 1 表 鋼塊 4 種と無錳鋼の化學成分

		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
鋼塊 同 同 同	No.1	0.04	0.031	0.16	0.007	0.016	0.150	—	—
	No.2	0.31	0.040	0.14	0.011	0.014	0.154	—	—
	No.3	0.65	0.023	0.16	0.008	0.012	0.150	—	—
	No.4	0.88	0.049	0.16	0.009	0.011	0.135	—	—
無錳鋼		0.19	1.018	0.55	0.015	0.007	0.108	9.02	21.04

第 5 表 (1) 熱間マーテル硬度、鋼塊 No.1 C%=0.04

溫度 °C	球痕直 徑、 mm	球痕容 積、V cub.mm	反撥高 h' mm	有效衝擊 力、E mm-kg	マーテル硬 度數、E/V
104	4.47	4,209	34.9	674,561	160.26
104	4.40	3,962	29.8	695,522	175.54
155	4.60	4,742	28.6	700,454	147.71
195	4.68	5,097	29.2	697,988	136.94
201	4.70	5,200	29.8	695,522	133.75
204	4.72	5,288	29.0	698,810	132.15
248	4.78	5,571	28.8	699,632	125.58
249	4.81	5,716	26.8	707,852	123.83
270	4.89	6,141	27.3	705,797	114.93
275	4.85	5,916	28.0	702,920	118.81
300	4.92	6,292	27.3	705,797	112.17
311	4.90	6,178	27.8	724,292	117.23
350	4.98	6,624	26.5	709,085	107.04
350	4.98	6,624	26.6	708,674	106.98
403	4.96	6,503	25.9	711,551	109.41
403	4.92	6,292	26.3	709,907	112.82
450	4.80	5,661	26.8	707,852	125.03
450	4.82	5,770	26.5	709,085	122.89
500	4.66	5,021	28.0	702,920	139.99
500	4.69	5,149	28.5	700,865	136.11
560	4.52	4,417	29.9	695,111	157.37

第 5 表 (2) 熱間マーテル硬度、鋼塊 No.2 C%=0.31

溫度 °C	球痕直 徑、D mm	球痕容 積、V cub.mm	反撥高 h' mm	有效衝擊 力、E mm-kg	マーテル硬 度數、E/V
103	4.05	2,795	36.5	667,985	238.99
104	4.04	2,771	38.0	661,820	238.83
145	4.16	3,126	30.2	693,878	221.96
147	4.15	3,099	32.4	684,836	220.98
173	4.27	3,489	33.3	681,137	195.22
174	4.25	3,418	35.9	670,451	196.15
200	4.35	3,767	32.3	685,247	181.90
206	4.33	3,692	32.5	684,425	185.38
251	4.41	3,996	30.3	693,467	173.54
253	4.39	3,916	30.3	693,467	177.08
282	4.46	4,173	35.2	673,328	161.35
300	4.47	4,209	36.8	666,754	158.41
322	4.50	4,337	33.1	681,959	157.24
350	4.52	4,417	32.6	684,014	154.85
350	4.50	4,337	30.8	671,412	159.60
375	4.54	4,496	31.7	687,713	152.96
425	4.56	4,577	31.2	689,768	150.70
449	4.50	4,337	36.7	667,163	153.80
455	4.43	4,054	32.7	683,603	168.62
505	4.24	3,389	38.8	658,532	194.31
506	4.18	3,194	35.4	672,506	210.55
560	4.10	2,952	34.9	674,561	228.50
560	4.09	2,913	33.1	681,959	234.10

第 5 表 (3) 熱間マーテル硬度、鋼塊 No.3 C%=0.65

溫度 °C	球痕直 徑、D mm	球痕容 積、V cub.mm	反撥高 h' mm	有效衝擊 力 E mm-kg	マーテル硬 度數 E/V
109	3.76	2,064	37.0	665,930	322.64
110	3.77	2,086	37.2	665,108	318.84
148	3.84	2,246	36.0	670,040	298.32
150	3.85	2,269	35.8	670,862	295.66
200	4.01	2,693	35.3	672,917	249.90
202	3.98	2,606	39.3	656,477	251.90
250	4.09	2,913	42.3	644,147	221.13
254	4.10	2,952	37.2	665,108	225.30
275	4.15	3,099	36.0	670,040	216.21
277	4.12	3,005	35.8	670,862	223.24
300	4.12	3,005	36.1	669,629	223.83
305	4.13	3,032	36.3	668,807	220.58
326	4.14	3,072	35.7	671,273	218.51
328	4.12	3,005	35.7	671,273	223.38
351	4.17	3,154	32.8	683,192	216.61
369	4.23	3,352	33.6	671,684	200.38
400	4.28	3,518	32.0	686,480	195.13
400	4.26	3,446	37.7	663,053	192.41
452	4.15	3,099	37.5	663,875	214.22
453	4.13	3,032	31.7	687,713	226.81
501	3.93	2,471	38.8	658,532	266.50
560	3.86	2,292	38.9	658,121	287.13

第 5 表 (4) 熱間マーテル硬度、鋼塊 No.4 C%=0.88

溫度 °C	球痕直 徑、D mm	球痕容 積、V cub.mm	反撥高 h' mm	有效衝擊 力 E mm-kg	マーテル硬 度數 E/V
104	3.54	1,613	40.9	649,901	402.91
152	3.59	1,703	41.6	647,024	379.93
200	3.72	1,976	43.1	640,859	324.32
203	3.75	2,042	40.8	650,312	318.46
256	3.86	2,292	42.2	644,558	281.22
300	3.86	2,292	43.8	637,982	292.35
324	3.87	2,315	38.9	658,121	284.28
350	3.92	2,456	35.8	670,862	272.90
351	3.92	2,456	37.7	663,053	270.00
401	3.90	2,398	43.5	639,215	266.56
402	3.92	2,456	42.0	645,380	262.77
451	3.73	1,998	44.9	633,461	317.04
500	3.62	1,765	45.6	630,584	357.27
550	3.55	1,633	46.5	626,885	333.88

第 5 表 (5) 熱間マーテル硬度、無錳鋼

溫度 °C	球痕直 徑、D mm	球痕容 積、V cub.mm	反撥高 h' mm	有效衝擊 力 E mm-kg	マーテル硬 度數 E/V
101	3.52	1,574	39.4	656,066	416.81
150	3.57	1,663	40.3	652,367	392.28
202	3.64	1,806	38.7	658,943	364.86
250	3.65	1,827	39.0	657,710	359.99
300	3.67	1,869	37.3	664,697	355.64
350	3.77	2,086	37.4	664,286	318.44
400	3.80	2,154	38.3	660,587	303.67
450	3.81	2,176	39.2	656,888	301.87
504	3.84	2,246	42.5	643,325	286.43
550	3.88	2,351	39.0	657,710	279.75

第 6 表 普通鋼 3 種の化學成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
造船鋼	0.22	0.030	0.38	0.041	0.067	0.628	—	—
軟鋼	0.28	0.014	0.45	0.016	0.050	0.228	—	—
美裝鋼板	0.12	0.009	0.37	0.018	0.016	0.148	—	—
無錳鋼	0.19	1.018	0.55	0.015	0.007	0.108	9.02	21.04

第 3 表 鋼塊 4 種 と 無 錳 鋼 の 膨 脹

溫度 °C	鋼塊 No. 1		鋼塊 No. 2		鋼塊 No. 3		鋼塊 No. 4		無 錳 鋼		鋼塊 No. 1		鋼塊 No. 2		鋼塊 No. 3		鋼塊 No. 4		無 錳 鋼		
	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	溫度 °C	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³	Heating × 10 ⁻³	Cooling × 10 ⁻³
24	0	0.08	0	0.02	0	0.06	0	0.05	0	550	6.99	7.54	6.83	7.05	6.67	6.93	6.72	6.90	6.85	8.57	8.56
50	0.23	0.31	0.12	0.15	0.26	0.37	0.17	0.26	0.38	600	7.15	7.85	7.15	7.36	6.82	7.30	7.03	7.21	7.05	8.88	8.97
100	0.56	0.66	0.44	0.53	0.48	0.57	0.48	0.57	0.51	850	7.71	8.23	7.48	7.72	7.29	7.65	7.32	7.50	7.50	9.38	9.33
150	1.11	0.99	0.89	1.06	0.88	0.91	0.88	0.91	0.86	900	8.06	8.55	8.02	8.04	7.47	7.93	7.65	7.87	7.80	9.60	9.51
200	1.87	1.34	1.32	1.32	1.16	1.20	1.08	1.16	1.10	1000	8.30	8.91	8.14	8.35	7.97	8.32	8.05	8.19	8.20	10.16	9.91
250	2.60	2.15	2.12	2.12	1.80	1.85	1.68	1.77	1.73	700	8.50	9.04	8.31	8.72	8.08	8.82	8.19	8.32	8.87	10.40	10.09
300	3.36	3.09	3.08	3.08	2.48	2.55	2.37	2.48	2.27	750	8.53	9.28	8.50	8.82	8.28	8.94	8.32	8.48	9.14	11.62	11.28
350	4.20	4.04	4.04	4.04	3.17	3.27	3.00	3.17	3.00	800	8.70	9.55	8.66	9.10	8.66	9.05	8.45	8.90	9.88	12.41	12.05
400	5.05	5.05	5.05	5.05	3.85	3.85	3.63	3.85	3.63	850	8.89	9.82	8.92	9.45	8.86	9.22	8.74	8.99	10.45	13.83	13.54
450	6.07	6.43	6.43	6.43	4.79	4.79	4.52	4.79	4.52	900	9.04	10.03	9.05	9.62	9.05	9.41	9.04	9.33	10.54	15.02	14.96
500	6.60	6.78	6.78	6.78	5.66	5.66	5.38	5.66	5.38	950	9.30	10.23	9.24	9.76	9.22	9.59	9.10	9.33	10.89	16.19	16.17

第2表 鋼塊4種と無錳鋼の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量 (850°C×2.5hrs 燒鈍)

品名	密度 gr/cm ³	測定溫度°C 試驗項目	86°C	145°C	242°C	328°C	467°C	550°C	675°C
			No.1鋼塊	ρ=7.84	熱傳導率K	14.872×10 ⁻²	12.387×10 ⁻²	10.042×10 ⁻²	8.6752×10 ⁻²
溫度傳導率k	17.083×10 ⁻²	13.712×10 ⁻²	10.679×10 ⁻²		9.4981×10 ⁻²	5.8463×10 ⁻²	5.4749×10 ⁻²	4.7278×10 ⁻²	
熱容量 ρC	8.7055×10 ⁻¹	9.0337×10 ⁻¹	9.4035×10 ⁻¹		9.1337×10 ⁻¹	9.2180×10 ⁻¹	9.3636×10 ⁻¹	9.6768×10 ⁻¹	
		測定溫度°C	88°C	149°C	226°C	339°C	459°C	577°C	668°C
No.2鋼塊	ρ=7.83	熱傳導率K	14.115×10 ⁻²	11.858×10 ⁻²	9.829×10 ⁻²	8.1095×10 ⁻²	5.1865×10 ⁻²	4.9255×10 ⁻²	4.6765×10 ⁻²
溫度傳導率k		15.833×10 ⁻²	12.852×10 ⁻²	10.445×10 ⁻²	8.9670×10 ⁻²	5.7189×10 ⁻²	5.3198×10 ⁻²	4.8648×10 ⁻²	
熱容量 ρC		8.9148×10 ⁻¹	9.226×10 ⁻¹	9.4117×10 ⁻¹	9.0520×10 ⁻¹	9.0691×10 ⁻¹	9.2588×10 ⁻¹	9.6131×10 ⁻¹	
		測定溫度°C	87°C	143°C	218°C	326°C	460°C	556°C	676°C
No.3鋼塊	ρ=7.80	熱傳導率K	12.833×10 ⁻²	10.775×10 ⁻²	8.956×10 ⁻²	7.4650×10 ⁻²	4.6197×10 ⁻²	4.6086×10 ⁻²	4.4704×10 ⁻²
溫度傳導率k		14.018×10 ⁻²	11.490×10 ⁻²	9.748×10 ⁻²	8.1453×10 ⁻²	5.1580×10 ⁻²	4.9080×10 ⁻²	4.6427×10 ⁻²	
熱容量 ρC		9.154×10 ⁻¹	9.377×10 ⁻¹	9.187×10 ⁻¹	9.1650×10 ⁻¹	8.9575×10 ⁻¹	9.3891×10 ⁻¹	9.6290×10 ⁻¹	
		測定溫度°C	80°C	135°C	234°C	316°C	446°C	534°C	658°C
No.4鋼塊	ρ=7.82	熱傳導率K	12.294×10 ⁻²	10.183×10 ⁻²	7.985×10 ⁻²	7.1410×10 ⁻²	4.6440×10 ⁻²	4.4270×10 ⁻²	4.4430×10 ⁻²
溫度傳導率k		13.211×10 ⁻²	10.838×10 ⁻²	8.683×10 ⁻²	7.9220×10 ⁻²	5.1972×10 ⁻²	4.8415×10 ⁻²	4.6297×10 ⁻²	
熱容量 ρC		9.305×10 ⁻¹	9.395×10 ⁻¹	9.196×10 ⁻¹	9.0150×10 ⁻¹	8.9368×10 ⁻¹	9.1454×10 ⁻¹	9.5971×10 ⁻¹	
		測定溫度°C	76°C	237°C	326°C	473°C	573°C	666°C	
無錳鋼	ρ=7.72	熱傳導率K	2.1072×10 ⁻²	2.6779×10 ⁻²	2.338×10 ⁻²	2.6577×10 ⁻²	3.2952×10 ⁻²	3.7180×10 ⁻²	
溫度傳導率k		2.5723×10 ⁻²	3.0925×10 ⁻²	2.8455×10 ⁻²	3.0787×10 ⁻²	3.5884×10 ⁻²	3.9925×10 ⁻²		
熱容量 ρC		8.193×10 ⁻¹	8.6594×10 ⁻¹	8.2175×10 ⁻¹	8.6325×10 ⁻¹	8.9740×10 ⁻¹	9.3124×10 ⁻¹		

第8表 普通鋼3種の100°C毎の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量、假比重、眞比熱
(850°C×2.5hrs 燒鈍)

品名	密度 gr/cm ³	溫度 試驗項目	30°C	50°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
			美裝鋼板	ρ=7.86	化學成分	C=0.12	Si=0.009	Mn=0.37	P=0.018	S=0.016	Cu=0.148	
熱傳導率K	17.50×10 ⁻²	16.61×10 ⁻²	14.47×10 ⁻²		11.08×10 ⁻²	9.34×10 ⁻²	6.73×10 ⁻²	5.29×10 ⁻²	4.93×10 ⁻²	4.72×10 ⁻²	4.61×10 ⁻²	
溫度傳導率k	20.46×10 ⁻²	19.23×10 ⁻²	16.28×10 ⁻²		12.14×10 ⁻²	10.33×10 ⁻²	7.63×10 ⁻²	5.80×10 ⁻²	5.19×10 ⁻²	4.73×10 ⁻²	4.35×10 ⁻²	
熱容量 ρC	8.55×10 ⁻¹	8.63×10 ⁻¹	8.88×10 ⁻¹		9.12×10 ⁻¹	9.04×10 ⁻¹	8.82×10 ⁻¹	9.12×10 ⁻¹	9.49×10 ⁻¹	9.99×10 ⁻¹	10.60×10 ⁻¹	
假比重 ρ	7.857	7.852	7.842		7.814	7.781	7.742	7.703	7.665	7.628	7.604	
比熱 C	1.088×10 ⁻¹	1.099×10 ⁻¹	1.137×10 ⁻¹		1.167×10 ⁻¹	1.162×10 ⁻¹	1.139×10 ⁻¹	1.183×10 ⁻¹	1.239×10 ⁻¹	1.310×10 ⁻¹	1.394×10 ⁻¹	
造船鋼	ρ=7.83	化學成分	C=0.22	Si=0.030	Mn=0.38	P=0.041	S=0.067	Cu=0.628				
熱傳導率K		16.44×10 ⁻²	15.63×10 ⁻²	13.93×10 ⁻²	10.79×10 ⁻²	8.95×10 ⁻²	6.58×10 ⁻²	5.51×10 ⁻²	5.14×10 ⁻²	4.85×10 ⁻²	4.54×10 ⁻²	
溫度傳導率k		20.49×10 ⁻²	19.67×10 ⁻²	15.99×10 ⁻²	11.60×10 ⁻²	9.99×10 ⁻²	7.39×10 ⁻²	6.00×10 ⁻²	5.37×10 ⁻²	4.81×10 ⁻²	4.27×10 ⁻²	
熱容量 ρC		8.02×10 ⁻¹	8.19×10 ⁻¹	8.71×10 ⁻¹	9.30×10 ⁻¹	8.95×10 ⁻¹	8.90×10 ⁻¹	9.17×10 ⁻¹	9.57×10 ⁻¹	10.08×10 ⁻¹	10.60×10 ⁻¹	
假比重 ρ		7.824	7.822	7.812	7.783	7.753	7.714	7.676	7.638	7.60	7.597	
比熱 C		1.025×10 ⁻¹	1.047×10 ⁻¹	1.115×10 ⁻¹	1.195×10 ⁻¹	1.155×10 ⁻¹	1.154×10 ⁻¹	1.194×10 ⁻¹	1.253×10 ⁻¹	1.326×10 ⁻¹	1.396×10 ⁻¹	
軟鋼	ρ=7.83	化學成分	C=0.28	Si=0.014	Mn=0.45	P=0.016	S=0.050	Cu=0.228				
熱傳導率K		16.47×10 ⁻²	15.59×10 ⁻²	13.50×10 ⁻²	10.30×10 ⁻²	8.67×10 ⁻²	6.41×10 ⁻²	5.23×10 ⁻²	4.96×10 ⁻²	4.78×10 ⁻²	4.61×10 ⁻²	
溫度傳導率k		19.13×10 ⁻²	17.84×10 ⁻²	14.97×10 ⁻²	10.97×10 ⁻²	9.62×10 ⁻²	7.15×10 ⁻²	5.70×10 ⁻²	5.20×10 ⁻²	4.75×10 ⁻²	4.30×10 ⁻²	
熱容量 ρC		8.60×10 ⁻¹	8.73×10 ⁻¹	9.01×10 ⁻¹	9.38×10 ⁻¹	9.01×10 ⁻¹	8.96×10 ⁻¹	9.17×10 ⁻¹	9.52×10 ⁻¹	10.06×10 ⁻¹	10.70×10 ⁻¹	
假比重 ρ		7.828	7.825	7.814	7.787	7.753	7.713	7.673	7.635	7.597	7.905	
比熱 C		1.099×10 ⁻¹	1.116×10 ⁻¹	1.154×10 ⁻¹	1.205×10 ⁻¹	1.162×10 ⁻¹	1.162×10 ⁻¹	1.195×10 ⁻¹	1.247×10 ⁻¹	1.324×10 ⁻¹	1.407×10 ⁻¹	

第4表 鋼塊4種と無銹鋼の100°C毎の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量、假比重及眞比熱(850°C×2.5hrs 燒鈍せるもの)

品名	密度 gr/cm ³	溫度											
		試驗項目		30°C	50°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
No.1 鋼塊	ρ=7.84	化學成分	C=0.04	Si=0.031	Mn=0.16	P=0.007	S=0.016	Cu=0.15					
		熱傳導率K	17.91×10 ⁻²	16.58×10 ⁻²	14.35×10 ⁻²	10.81×10 ⁻²	9.22×10 ⁻²	6.83×10 ⁻²	5.32×10 ⁻²	4.84×10 ⁻²	4.49×10 ⁻²	4.17×10 ⁻²	
		溫度傳導率k	21.36×10 ⁻²	19.48×10 ⁻²	16.29×10 ⁻²	11.60×10 ⁻²	9.96×10 ⁻²	7.58×10 ⁻²	5.75×10 ⁻²	5.10×10 ⁻²	4.61×10 ⁻²	4.20×10 ⁻²	
		熱容量ρC	8.381×10 ⁻¹	8.51×10 ⁻¹	8.80×10 ⁻¹	9.31×10 ⁻¹	9.25×10 ⁻¹	9.01×10 ⁻¹	9.24×10 ⁻¹	9.48×10 ⁻¹	9.74×10 ⁻¹	9.92×10 ⁻¹	
		假比重ρ	7.837	7.834	7.823	7.795	7.761	7.724	7.683	7.645	7.609	7.573	
		比熱C	1.069×10 ⁻¹	1.086×10 ⁻¹	1.126×10 ⁻¹	1.195×10 ⁻¹	1.192×10 ⁻¹	1.166×10 ⁻¹	1.203×10 ⁻¹	1.240×10 ⁻¹	1.28×10 ⁻¹	1.310×10 ⁻¹	
No.2 鋼塊	ρ=7.83	化學成分	C=0.31	Si=0.04	Mn=0.14	P=0.011	S=0.014	Cu=0.154					
		熱傳導率K	16.63×10 ⁻²	15.76×10 ⁻²	13.74×10 ⁻²	10.40×10 ⁻²	8.89×10 ⁻²	6.33×10 ⁻²	5.04×10 ⁻²	4.78×10 ⁻²	4.64×10 ⁻²	4.59×10 ⁻²	
		溫度傳導率k	19.46×10 ⁻²	18.30×10 ⁻²	15.28×10 ⁻²	11.09×10 ⁻²	9.63×10 ⁻²	7.10×10 ⁻²	5.55×10 ⁻²	5.10×10 ⁻²	4.77×10 ⁻²	4.54×10 ⁻²	
		熱容量ρC	8.54×10 ⁻¹	8.61×10 ⁻¹	8.99×10 ⁻¹	9.37×10 ⁻¹	9.23×10 ⁻¹	8.91×10 ⁻¹	9.08×10 ⁻¹	9.37×10 ⁻¹	9.72×10 ⁻¹	10.10×10 ⁻¹	
		假比重ρ	7.829	7.825	7.814	7.787	7.754	7.716	7.676	7.637	7.60	7.611	
		比熱C	1.091×10 ⁻¹	1.100×10 ⁻¹	1.150×10 ⁻¹	1.204×10 ⁻¹	1.19×10 ⁻¹	1.155×10 ⁻¹	1.183×10 ⁻¹	1.227×10 ⁻¹	1.278×10 ⁻¹	1.327×10 ⁻¹	
No.3 鋼塊	ρ=7.80	化學成分	C=0.65	Si=0.023	Mn=0.16	P=0.008	S=0.012	Cu=0.15					
		熱傳導率K	15.47×10 ⁻²	14.49×10 ⁻²	12.36×10 ⁻²	9.33×10 ⁻²	7.91×10 ⁻²	5.70×10 ⁻²	4.61×10 ⁻²	4.47×10 ⁻²	4.47×10 ⁻²	4.50×10 ⁻²	
		溫度傳導率k	17.41×10 ⁻²	16.06×10 ⁻²	13.45×10 ⁻²	9.95×10 ⁻²	8.68×10 ⁻²	6.46×10 ⁻²	5.08×10 ⁻²	4.73×10 ⁻²	4.49×10 ⁻²	4.27×10 ⁻²	
		熱容量ρC	8.88×10 ⁻¹	9.02×10 ⁻¹	9.18×10 ⁻¹	9.37×10 ⁻¹	9.12×10 ⁻¹	8.82×10 ⁻¹	9.07×10 ⁻¹	9.45×10 ⁻¹	9.95×10 ⁻¹	10.53×10 ⁻¹	
		假比重ρ	7.799	7.792	7.786	7.761	7.73	7.69	7.651	7.614	7.575	7.573	
		比熱C	1.138×10 ⁻¹	1.157×10 ⁻¹	1.180×10 ⁻¹	1.208×10 ⁻¹	1.18×10 ⁻¹	1.147×10 ⁻¹	1.185×10 ⁻¹	1.241×10 ⁻¹	1.314×10 ⁻¹	1.391×10 ⁻¹	
No.4 鋼塊	ρ=7.82	化學成分	C=0.88	Si=0.049	Mn=0.16	P=0.009	S=0.011	Cu=0.135					
		熱傳導率K	14.13×10 ⁻²	13.39×10 ⁻²	11.42×10 ⁻²	8.53×10 ⁻²	7.35×10 ⁻²	5.41×10 ⁻²	4.47×10 ⁻²	4.43×10 ⁻²	4.47×10 ⁻²	4.55×10 ⁻²	
		溫度傳導率k	15.51×10 ⁻²	14.55×10 ⁻²	12.20×10 ⁻²	9.18×10 ⁻²	8.12×10 ⁻²	6.06×10 ⁻²	4.91×10 ⁻²	4.73×10 ⁻²	4.55×10 ⁻²	4.41×10 ⁻²	
		熱容量ρC	9.10×10 ⁻¹	9.19×10 ⁻¹	9.35×10 ⁻¹	9.28×10 ⁻¹	9.04×10 ⁻¹	8.92×10 ⁻¹	9.10×10 ⁻¹	9.34×10 ⁻¹	9.82×10 ⁻¹	10.31×10 ⁻¹	
		假比重ρ	7.819	7.815	7.806	7.78	7.747	7.716	7.676	7.63	7.592	7.561	
		比熱C	1.164×10 ⁻¹	1.176×10 ⁻¹	1.198×10 ⁻¹	1.193×10 ⁻¹	1.167×10 ⁻¹	1.156×10 ⁻¹	1.185×10 ⁻¹	1.225×10 ⁻¹	1.293×10 ⁻¹	1.363×10 ⁻¹	
無銹鋼	ρ=7.72	化學成分	C=0.19	Si=1.018	Mn=0.55	P=0.015	S=0.007	Cu=0.108	Ni=9.02	Cr=2.104			
		熱傳導率K	2.08×10 ⁻²	2.09×10 ⁻²	2.15×10 ⁻²	2.64×10 ⁻²	2.48×10 ⁻²	2.40×10 ⁻²	2.81×10 ⁻²	3.43×10 ⁻²	3.84×10 ⁻²	4.15×10 ⁻²	
		溫度傳導率k	2.56×10 ⁻²	2.55×10 ⁻²	2.64×10 ⁻²	3.07×10 ⁻²	2.97×10 ⁻²	2.87×10 ⁻²	3.22×10 ⁻²	3.76×10 ⁻²	4.07×10 ⁻²	4.26×10 ⁻²	
		熱容量ρC	8.14×10 ⁻¹	8.18×10 ⁻¹	8.16×10 ⁻¹	8.61×10 ⁻¹	8.33×10 ⁻¹	8.36×10 ⁻¹	8.72×10 ⁻¹	9.11×10 ⁻¹	9.42×10 ⁻¹	9.73×10 ⁻¹	
		假比重ρ	7.717	7.711	7.697	7.661	7.619	7.574	7.529	7.486	7.442	7.403	
		比熱C	1.055×10 ⁻¹	1.060×10 ⁻¹	1.060×10 ⁻¹	1.124×10 ⁻¹	1.094×10 ⁻¹	1.104×10 ⁻¹	1.159×10 ⁻¹	1.216×10 ⁻¹	992.1×10 ⁻¹	1.314×10 ⁻¹	

第7表 普通鋼3種の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量(850°C×2.5hrs 燒鈍)

品名	密度 gr/cm ³	測定溫度 °C							
		試驗項目		91	151	233	359	481	578
美裝鋼板	ρ=7.86	熱傳導率K	14.925×10 ⁻²	12.528×10 ⁻²	10.436×10 ⁻²	8.1006×10 ⁻²	5.3672×10 ⁻²	5.0229×10 ⁻²	4.7582×10 ⁻²
		溫度傳導率k	16.922×10 ⁻²	13.943×10 ⁻²	11.250×10 ⁻²	9.0913×10 ⁻²	5.9172×10 ⁻²	5.3944×10 ⁻²	4.7747×10 ⁻²
		熱容量ρC	8.820×10 ⁻¹	8.985×10 ⁻¹	9.275×10 ⁻¹	8.9103×10 ⁻¹	9.0698×10 ⁻¹	9.3112×10 ⁻¹	9.9656×10 ⁻¹
造船鋼	ρ=7.83	熱傳導率K	14.026×10 ⁻²	11.978×10 ⁻²	9.9872×10 ⁻²	8.2580×10 ⁻²	5.7232×10 ⁻²	5.2491×10 ⁻²	4.9200×10 ⁻²
		溫度傳導率k	16.094×10 ⁻²	13.088×10 ⁻²	10.942×10 ⁻²	9.2441×10 ⁻²	6.3045×10 ⁻²	5.5868×10 ⁻²	4.9497×10 ⁻²
		熱容量ρC	8.7154×10 ⁻¹	9.1663×10 ⁻¹	9.127×10 ⁻¹	8.9332×10 ⁻¹	9.0780×10 ⁻¹	9.3956×10 ⁻¹	9.9400×10 ⁻¹
軟鋼	ρ=7.83	熱傳導率K	13.737×10 ⁻²	11.544×10 ⁻²	9.5528×10 ⁻²	8.0412×10 ⁻²	5.3788×10 ⁻²	5.0498×10 ⁻²	4.8422×10 ⁻²
		溫度傳導率k	15.302×10 ⁻²	12.477×10 ⁻²	10.268×10 ⁻²	9.0167×10 ⁻²	5.9341×10 ⁻²	5.4407×10 ⁻²	4.9008×10 ⁻²
		熱容量ρC	8.9776×10 ⁻¹	9.2517×10 ⁻¹	9.3031×10 ⁻¹	8.9546×10 ⁻¹	9.0643×10 ⁻¹	9.2816×10 ⁻¹	9.8805×10 ⁻¹

第11表 眞鍮100°C毎の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量、假比重、眞比熱(650°C×1.5hrs 燒鈍せるもの)

品名	密度 gr/cm ³	測定溫度 °C									
		試驗項目		30	50	100	200	300	400	500	600
眞鍮7.3	ρ=8.062	熱傳導率K	—	—	0.338	0.276	0.284	0.247	0.265	0.247	0.242
		溫度傳導率k	—	—	0.323	0.271	0.284	0.244	0.259	0.240	0.234
		熱容量ρC	—	—	1.046	1.018	1.000	1.012	1.025	1.029	1.034
		假比重ρ	—	—	8.029	7.989	7.940	7.891	7.840	7.787	—
		眞比熱C	—	—	0.1303	0.1274	0.1259	0.1282	0.1307	0.1321	—

第 9 表 普通鋼 3 種の膨脹

Temp °C	軟鋼 Heating	美裝鋼 Heating	普通船鋼 Heating	Temp °C	軟鋼 Heating	美裝鋼 Heating	普通船鋼 Heating	Temp °C	軟鋼 Heating	美裝鋼 Heating	普通船鋼 Heating	
20	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	350	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	700	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$	
	0.00	0.00	0.00		4.15	4.24	4.12		9.84	9.78	9.75	
	0.05	0.12	0.15		4.33	4.36	4.29		10.02	9.96	9.92	
50	0.12	0.23	0.24	400	4.54	4.55	4.51	750	10.19	10.12	10.06	
	0.20	0.31	0.30		4.71	4.72	4.62		10.37	10.30	10.23	
	0.29	0.39	0.40		4.84	4.91	4.78		10.48	10.45	10.38	
100	0.38	0.46	0.48	450	5.04	5.04	5.00	800	10.59	10.58	10.52	
	0.45	0.58	0.56		5.20	5.21	5.15		10.30	10.72	10.64	
	0.55	0.65	0.69		5.37	5.38	5.31		10.16	10.84	10.45	
150	0.64	0.74	0.75	500	5.53	5.57	5.47	850	10.03	10.95	10.47	
	0.74	0.84	0.84		5.74	5.73	5.65		9.94	11.03	10.43	
	0.86	0.93	0.97		6.08	6.07	6.00		9.81	11.10	10.38	
200	0.94	1.06	1.10	550	6.28	6.24	6.15	900	9.70	11.15	10.32	
	1.06	1.17	1.19		6.43	6.41	6.34		9.52	11.19	10.19	
	1.20	1.31	1.27		6.57	6.61	6.50		9.43	11.21	10.09	
250	1.33	1.41	1.39	600	6.78	6.75	6.68	950	9.42	11.23	9.97	
	1.46	1.56	1.55		6.98	6.92	6.87		9.55	11.21	9.88	
	1.58	1.68	1.71		7.13	7.11	7.02		9.74	11.19	9.87	
300	1.71	1.80	1.83	650	7.29	7.28	7.20	1000	9.96	11.09	9.93	
	1.84	1.93	1.99		7.44	7.45	7.36		10.17	10.93	10.02	
	2.02	2.08	2.14		7.59	7.60	7.50		10.35	10.78	10.19	
350	2.16	2.21	2.28	700	7.77	7.77	7.69	1050	10.59	10.46	10.36	
	2.26	2.35	2.44		7.95	7.95	7.82		10.82	10.15	10.54	
	2.45	2.48	2.61		8.11	8.10	8.05		11.00	9.94	10.73	
400	2.58	2.67	2.69	750	8.29	8.26	8.20	1100	11.25	10.03	10.94	
	2.74	2.81	2.77		8.47	8.45	8.37		11.44	10.23	11.18	
	2.91	2.92	2.93		8.62	8.59	8.53		11.64	10.40	11.36	
450	3.05	3.12	3.02	800	8.81	8.82	8.71	1150	11.83	10.59	11.56	
	3.19	3.25	3.19		9.04	8.99	8.90		12.05	10.80	11.75	
	3.31	3.37	3.31		9.18	9.14	9.10		12.26	11.03	11.95	
500	3.49	3.57	3.52	850	9.35	9.27	9.25	1200	12.47	11.23	12.17	
	3.66	3.73	3.66		9.53	9.44	9.44		12.68	11.51	12.38	
	3.80	3.85	3.79		9.71	9.64	9.57		12.90	11.73	12.65	
550	3.99	4.06	3.98	900				1250	13.10	11.91	12.78	

第 10 表 眞鍮の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量 (650°C×1.5hrs 燒鈍せるもの)

品名	密度 gr/cm ³	測定溫度 °C	試験項目								
			206	265	304	362	404	478	569	615	
眞鍮7:3	$\rho=8.062$	熱傳導率 K	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$
			2.7330	2.4521	2.9425	3.9937	2.4540	2.6849	2.5076	2.4611	
			$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	$\times 10^{-1}$	
溫度傳導率 k	2.6911	2.4600	2.9407	3.9150	2.4272	2.6172	2.4412	2.3925			
熱容量 ρC	1.0155	0.9967	1.0006	1.0201	1.0110	1.0258	1.0272	1.0287			

化學成分: —Cu=71.00 Zn=28.43 Pb=0.25 Fe=0.24 Sn, Mn, C=0 Ni, Si=Trace

第 12 表 眞鍮の膨脹並に膨脹率(heating)

Temperature in °C	Expansion in cm. per. cm.	Expansion Coefficient	Temperature in °C	Expansion in cm. per. cm.	Expansion Coefficient	Temperature in °C	Expansion in cm. per. cm.	Expansion Coefficient	Temperature in °C	Expansion in cm. per. cm.	Expansion Coefficient
50	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-5}$	200	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-5}$	350	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-5}$	500	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-5}$
	0.00	—		3.02	1.80		6.13	2.00		9.42	2.60
	0.20	2.00		3.21	1.90		6.35	2.20		9.65	2.30
	100	0.39	1.90	3.41	2.00	6.57	2.20	9.89	2.40		
		0.58	1.90	3.59	1.80	6.81	2.40	10.12	2.20		
		0.76	1.80	3.78	1.90	7.01	2.00	10.34	2.20		
150	0.98	1.60	250	3.99	2.10	400	7.22	2.10	550	10.54	2.00
	1.17	1.90		4.19	2.00		7.42	2.00		10.74	2.00
	1.34	1.70		4.41	2.20		7.62	2.00		10.95	2.10
200	1.49	1.50	300	4.64	2.30	450	7.83	2.10	600	11.19	2.40
	1.67	1.80		4.86	2.20		8.04	2.10		11.43	2.40
	1.81	1.40		5.08	2.20		8.24	2.00		11.73	3.00
250	1.98	1.70	350	5.23	2.00	500	8.44	2.00	650		
	2.17	1.90		5.50	2.20		8.66	2.20			
	2.34	1.70		5.73	2.30		8.90	2.40			
	2.51	1.70		5.93	2.00		9.16	2.60			

第14表 白鉄並に鼠鉄の化學成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo		C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo
白鉄鐵 No. 1	3.02	0.57	0.53	0.567	0.074	0.089	—	鼠鉄鐵 No. 4	3.08	0.58	0.44	0.540	0.074	0.136	—
同 No. 2	3.16	0.46	0.34	0.629	0.045	0.059	0.34	同 No. 5	3.06	0.47	0.32	0.607	0.049	0.087	0.36
同 No. 3	3.14	0.47	0.37	0.605	0.042	0.057	0.37	同 No. 6	3.09	0.45	0.29	0.610	0.048	0.184	0.55
同 No. 3'	2.37	0.54	0.31	0.576	0.036	0.071	0.55								

第15表 白鉄並に鼠鉄の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量

品名	密度 gr/cm ³	測定溫度 °C	試驗項目	89	152	239	363	502	611	742	
				白鉄鐵No.1	$\rho=7.580$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-2}$ 熱容量 ρC	3.4107 3.3879 1.0067	4.1401 4.0911 1.0120	4.1224 4.1016 1.0051	5.4461 5.3354 1.0207	4.7427 4.6130 1.0280
				82	150	224	353	505	595	731	
白鉄鐵No.2	$\rho=7.607$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-2}$ 熱容量 ρC	3.5524 3.4159 1.0390	3.7017 3.5673 1.0377	3.6961 3.3773 1.0332	3.8924 3.6754 1.0590	3.7309 3.5447 1.0524	3.6843 3.4563 1.0660	3.7383 3.4666 1.0784		
				90	85	150	236	360	494	584	737
白鉄鐵No.3	$\rho=7.612$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-2}$ 熱容量 ρC	4.7120 4.6881 1.0051	4.748 4.7856 0.99214	5.007 4.9570 1.0101	5.1692 5.1033 1.0129	5.7555 5.5907 1.0295	4.5481 4.5443 1.0080	4.5420 4.5027 1.0088	4.6800 4.5712 1.0238	
				91	155	241	353	492	609	683	
白鉄鐵No.3,	$\rho=7.610$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-2}$ 熱容量 ρC	4.3867 4.4183 0.99285	5.0601 4.9365 1.0250	5.3887 5.2234 1.0316	5.7294 5.4719 1.0471	5.0908 4.8655 1.0463	4.4704 4.2082 1.0623	4.2941 3.9849 1.0776		
				88	154	231	361	496	603	714	
鼠鉄鐵No.4	$\rho=7.260$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-1}$ 熱容量 ρC	7.1798 6.8114 1.0540	7.4287 6.9935 1.0622	7.8577 7.3419 1.0703	8.1567 7.5317 1.0830	7.7665 6.9685 1.1145	5.6754 5.2000 1.0914	5.1221 4.5985 1.1138		
				90	159	246	361	481	378	663	
鼠鉄鐵No.5	$\rho=7.254$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-2}$ 熱容量 ρC	7.4596 7.3189 1.0192	7.9758 7.7876 1.0242	8.4272 8.2059 1.0270	8.8447 8.5425 1.0354	7.2200 6.9200 1.0430	5.0137 4.5866 1.0931	4.5808 4.1103 1.1144		
				91	155	234	351	502	588	683	
鼠鉄鐵No.6	$\rho=7.320$	熱傳導率K $\times 10^{-2}$ 溫度傳導率 k $\times 10^{-2}$ 熱容量 ρC	7.6743 7.5321 1.0189	8.5158 8.2933 1.0268	8.9469 8.7084 1.0274	9.0657 8.5958 1.0547	7.6234 7.2774 1.0475	4.9619 4.6460 1.0680	4.9062 4.4600 1.1000		

第 13 表 眞鍮の熱間マ-テ-ル硬度

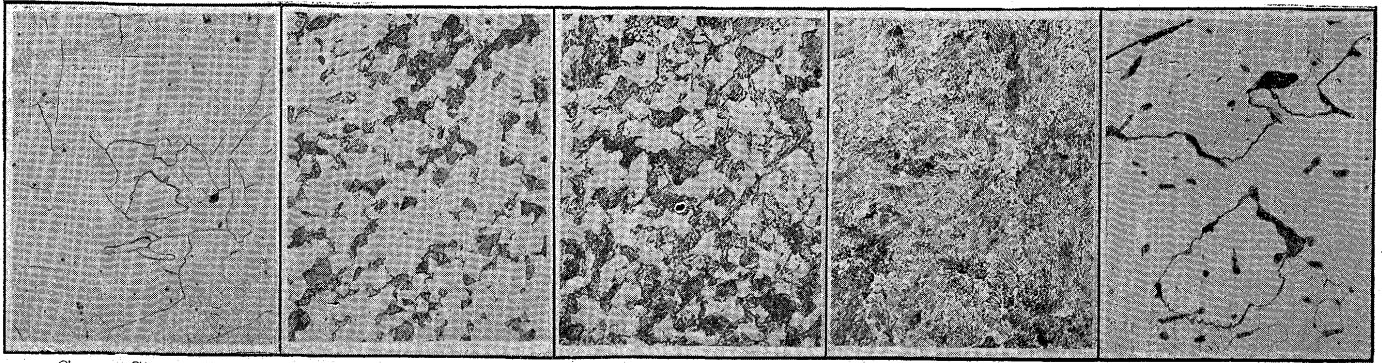
温度 °C	球痕直 徑 D	球痕容 積 V	反撥高 h'	有效衝擊 力 E	マ-テ-ル 硬度數 N = E/V	温度 °C	球痕直 徑 D	球痕容 積 V	反撥高 h'	有效衝擊 力 E	マ-テ-ル 硬度數 N = E/V
	mm	cu. mm	mm	mm-kg			mm	cu. mm	mm	mm-kg	
150	4.82	5.770	30.7875	378.7125	65.63	379	4.98	6.624	47.6180	361.8820	54.63
160	4.82	5.770	29.5560	379.9440	65.84	401	5.09	7.256	37.7660	371.7340	51.22
202	4.94	6.406	42.2815	367.2185	57.32	404	5.14	7.564	42.6920	366.8080	48.49
228	5.08	7.196	10.2625	399.2375	55.47	425	5.21	8.006	18.8830	390.6170	48.79
269	5.12	7.442	8.6205	400.8795	53.86	450	5.13	7.503	41.0500	368.4500	49.10
280	5.13	7.503	18.4725	391.0275	52.11	450	5.21	8.006	41.8710	367.6290	45.91
300	5.12	7.442	33.2507	376.2493	50.55	470	5.16	7.694	23.8090	385.6910	50.12
301	5.02	6.855	34.4820	375.0180	54.70	500	5.04	6.954	42.2815	367.2185	52.80
325	4.99	6.678	42.6920	366.8080	54.92	500	5.05	7.014	48.4390	361.0610	51.47
340	5.08	7.196	18.4725	391.0275	54.34	550	5.00	6.737	40.6395	368.8605	54.75
351	5.07	7.155	38.9975	370.5025	51.78	550	5.16	7.694	18.0620	391.4380	50.87
352	5.10	7.318	34.0715	375.4285	51.30	554	5.11	7.379	39.8185	369.6815	50.09
353	4.99	6.678	12.7255	396.7745	59.41	600	5.12	7.442	33.2507	376.2493	50.55
370	5.10	7.318	12.3150	397.1850	54.27	602	5.10	7.318	47.2075	362.2925	49.50
373	5.12	7.442	49.6705	359.8295	48.35						

第 16 表 白銻並に鼠銻 100°C 毎の熱傳導率、溫度傳導率、熱容量、假比重、眞比熱

品名	密度 gr/cm ³	溫度 °C	試驗項目											
			30	50	100	200	300	400	500	600	700	800		
白銻鐵 No.1	ρ=7.580	化學成分	C=3.02	Si=0.57	Mn=0.53	P=0.567	S=0.074	Cu=0.089	Mo=...					
		熱傳導率K	3.06 × 10 ⁻²	3.17 × 10 ⁻²	3.46 × 10 ⁻²	4.11 × 10 ⁻²	4.72 × 10 ⁻²	5.21 × 10 ⁻²	4.76 × 10 ⁻²	4.74 × 10 ⁻²	4.59 × 10 ⁻²	4.32 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	3.06 × 10 ⁻²	3.16 × 10 ⁻²	3.43 × 10 ⁻²	4.07 × 10 ⁻²	4.67 × 10 ⁻²	5.10 × 10 ⁻²	4.63 × 10 ⁻²	4.56 × 10 ⁻²	4.36 × 10 ⁻²	4.06 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	9.99 × 10 ⁻¹	10.03 × 10 ⁻¹	10.08 × 10 ⁻¹	10.09 × 10 ⁻¹	10.11 × 10 ⁻¹	10.22 × 10 ⁻¹	10.26 × 10 ⁻¹	10.38 × 10 ⁻¹	10.51 × 10 ⁻¹	10.63 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.577	7.572	7.561	7.539	7.506	7.472	7.436	7.40	7.361	7.318		
		比熱 C	1.318 × 10 ⁻¹	1.324 × 10 ⁻¹	1.333 × 10 ⁻¹	1.339 × 10 ⁻¹	1.347 × 10 ⁻¹	1.368 × 10 ⁻¹	1.380 × 10 ⁻¹	1.403 × 10 ⁻¹	1.428 × 10 ⁻¹	1.452 × 10 ⁻¹		
白銻鐵 No.2	ρ=7.607	化學成分	C=3.16	Si=0.46	Mn=0.34	P=0.629	S=0.045	Cu=0.059	Mo=0.34					
		熱傳導率K	3.32 × 10 ⁻²	3.40 × 10 ⁻²	3.61 × 10 ⁻²	3.69 × 10 ⁻²	3.82 × 10 ⁻²	3.87 × 10 ⁻²	3.73 × 10 ⁻²	3.69 × 10 ⁻²	3.72 × 10 ⁻²	3.78 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	3.21 × 10 ⁻²	3.29 × 10 ⁻²	3.48 × 10 ⁻²	3.57 × 10 ⁻²	3.62 × 10 ⁻²	3.69 × 10 ⁻²	3.53 × 10 ⁻²	3.46 × 10 ⁻²	3.45 × 10 ⁻²	3.47 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	10.32 × 10 ⁻¹	10.33 × 10 ⁻¹	10.37 × 10 ⁻¹	10.33 × 10 ⁻¹	10.56 × 10 ⁻¹	10.48 × 10 ⁻¹	10.47 × 10 ⁻¹	10.64 × 10 ⁻¹	10.78 × 10 ⁻¹	10.89 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.604	7.600	7.590	7.569	7.535	7.504	7.467	7.43	7.391	7.352		
		比熱 C	1.357 × 10 ⁻¹	1.359 × 10 ⁻¹	1.366 × 10 ⁻¹	1.365 × 10 ⁻¹	1.402 × 10 ⁻¹	1.397 × 10 ⁻¹	1.402 × 10 ⁻¹	1.433 × 10 ⁻¹	1.458 × 10 ⁻¹	1.481 × 10 ⁻¹		
白銻鐵 No.3	ρ=7.612	化學成分	C=3.14	Si=0.47	Mn=0.37	P=0.605	S=0.042	Cu=0.057	Mo=0.37					
		熱傳導率K	4.49 × 10 ⁻²	4.57 × 10 ⁻²	4.81 × 10 ⁻²	5.10 × 10 ⁻²	5.44 × 10 ⁻²	5.29 × 10 ⁻²	4.54 × 10 ⁻²	4.55 × 10 ⁻²	4.61 × 10 ⁻²	4.69 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	4.49 × 10 ⁻²	4.55 × 10 ⁻²	4.77 × 10 ⁻²	5.04 × 10 ⁻²	5.33 × 10 ⁻²	5.21 × 10 ⁻²	4.51 × 10 ⁻²	4.50 × 10 ⁻²	4.52 × 10 ⁻²	4.64 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	9.98 × 10 ⁻¹	10.04 × 10 ⁻¹	10.08 × 10 ⁻¹	10.11 × 10 ⁻¹	10.19 × 10 ⁻¹	10.16 × 10 ⁻¹	10.06 × 10 ⁻¹	10.09 × 10 ⁻¹	10.18 × 10 ⁻¹	10.32 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.609	7.605	7.592	7.570	7.536	7.503	7.467	7.433	7.394	7.358		
		比熱 C	1.311 × 10 ⁻¹	1.320 × 10 ⁻¹	1.328 × 10 ⁻¹	1.336 × 10 ⁻¹	1.353 × 10 ⁻¹	1.354 × 10 ⁻¹	1.354 × 10 ⁻¹	1.348 × 10 ⁻¹	1.358 × 10 ⁻¹	1.377 × 10 ⁻¹		
白銻鐵 No.3	ρ=7.610	化學成分	C=2.37	Si=0.54	Mn=0.31	P=0.576	S=0.036	Cu=0.071	Mo=0.55					
		熱傳導率K	3.81 × 10 ⁻²	4.00 × 10 ⁻²	4.59 × 10 ⁻²	5.27 × 10 ⁻²	5.62 × 10 ⁻²	5.66 × 10 ⁻²	5.02 × 10 ⁻²	4.48 × 10 ⁻²	4.26 × 10 ⁻²	4.12 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	3.97 × 10 ⁻²	4.10 × 10 ⁻²	4.56 × 10 ⁻²	5.11 × 10 ⁻²	5.43 × 10 ⁻²	5.38 × 10 ⁻²	4.80 × 10 ⁻²	4.24 × 10 ⁻²	3.94 × 10 ⁻²	3.72 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	9.58 × 10 ⁻¹	9.74 × 10 ⁻¹	10.05 × 10 ⁻¹	10.30 × 10 ⁻¹	10.35 × 10 ⁻¹	10.52 × 10 ⁻¹	10.46 × 10 ⁻¹	10.57 × 10 ⁻¹	10.81 × 10 ⁻¹	11.05 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.608	7.603	7.591	7.568	7.534	7.50	7.464	7.428	7.389	7.348		
		比熱 C	1.259 × 10 ⁻¹	1.281 × 10 ⁻¹	1.324 × 10 ⁻¹	1.361 × 10 ⁻¹	1.374 × 10 ⁻¹	1.402 × 10 ⁻¹	1.402 × 10 ⁻¹	1.423 × 10 ⁻¹	1.463 × 10 ⁻¹	1.504 × 10 ⁻¹		
鼠銻鐵 No.4	ρ=7.260	化學成分	C=3.08	Si=0.58	Mn=0.44	P=0.540	S=0.074	Cu=0.136	Mo=...					
		熱傳導率K	7.06 × 10 ⁻²	7.09 × 10 ⁻²	7.20 × 10 ⁻²	7.69 × 10 ⁻²	8.08 × 10 ⁻²	8.14 × 10 ⁻²	7.73 × 10 ⁻²	5.69 × 10 ⁻²	5.15 × 10 ⁻²	4.90 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	6.74 × 10 ⁻²	6.76 × 10 ⁻²	6.83 × 10 ⁻²	7.21 × 10 ⁻²	7.51 × 10 ⁻²	7.46 × 10 ⁻²	6.93 × 10 ⁻²	5.21 × 10 ⁻²	4.65 × 10 ⁻²	4.30 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	10.46 × 10 ⁻¹	10.48 × 10 ⁻¹	10.54 × 10 ⁻¹	10.66 × 10 ⁻¹	10.76 × 10 ⁻¹	10.90 × 10 ⁻¹	11.15 × 10 ⁻¹	10.93 × 10 ⁻¹	11.08 × 10 ⁻¹	11.38 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.257	7.252	7.238	7.212	7.18	7.149	7.115	7.079	7.048	7.023		
		比熱 C	1.442 × 10 ⁻¹	1.446 × 10 ⁻¹	1.456 × 10 ⁻¹	1.478 × 10 ⁻¹	1.499 × 10 ⁻¹	1.525 × 10 ⁻¹	1.567 × 10 ⁻¹	1.544 × 10 ⁻¹	1.572 × 10 ⁻¹	1.620 × 10 ⁻¹		
鼠銻鐵 No.5	ρ=7.254	化學成分	C=3.06	Si=0.47	Mn=0.32	P=0.607	S=0.049	Cu=0.087	Mo=0.36					
		熱傳導率K	7.01 × 10 ⁻²	7.15 × 10 ⁻²	7.53 × 10 ⁻²	8.25 × 10 ⁻²	8.72 × 10 ⁻²	8.66 × 10 ⁻²	6.45 × 10 ⁻²	4.88 × 10 ⁻²	4.44 × 10 ⁻²	4.15 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	6.91 × 10 ⁻²	7.04 × 10 ⁻²	7.38 × 10 ⁻²	8.04 × 10 ⁻²	8.46 × 10 ⁻²	8.32 × 10 ⁻²	6.19 × 10 ⁻²	4.43 × 10 ⁻²	3.95 × 10 ⁻²	3.64 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	10.14 × 10 ⁻¹	10.15 × 10 ⁻¹	10.20 × 10 ⁻¹	10.26 × 10 ⁻¹	10.30 × 10 ⁻¹	10.41 × 10 ⁻¹	10.42 × 10 ⁻¹	11.01 × 10 ⁻¹	11.22 × 10 ⁻¹	11.38 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.249	7.244	7.230	7.202	7.17	7.138	7.105	7.071	7.036	7.015		
		比熱 C	1.399 × 10 ⁻¹	1.401 × 10 ⁻¹	1.410 × 10 ⁻¹	1.419 × 10 ⁻¹	1.437 × 10 ⁻¹	1.458 × 10 ⁻¹	1.467 × 10 ⁻¹	1.557 × 10 ⁻¹	1.595 × 10 ⁻¹	1.622 × 10 ⁻¹		
鼠銻鐵 No.6	ρ=7.320	化學成分	C=3.09	Si=0.45	Mn=0.29	P=0.610	S=0.048	Cu=0.184	Mo=0.55					
		熱傳導率K	6.95 × 10 ⁻²	7.22 × 10 ⁻²	7.86 × 10 ⁻²	8.76 × 10 ⁻²	9.07 × 10 ⁻²	8.90 × 10 ⁻²	7.18 × 10 ⁻²	4.93 × 10 ⁻²	4.90 × 10 ⁻²	4.90 × 10 ⁻²		
		溫度傳導率k	6.93 × 10 ⁻²	7.14 × 10 ⁻²	7.70 × 10 ⁻²	8.54 × 10 ⁻²	8.76 × 10 ⁻²	8.43 × 10 ⁻²	6.85 × 10 ⁻²	4.60 × 10 ⁻²	4.44 × 10 ⁻²	4.30 × 10 ⁻²		
		熱容量 ρC	10.02 × 10 ⁻¹	10.11 × 10 ⁻¹	10.20 × 10 ⁻¹	10.26 × 10 ⁻¹	10.35 × 10 ⁻¹	10.63 × 10 ⁻¹	10.48 × 10 ⁻¹	10.72 × 10 ⁻¹	11.03 × 10 ⁻¹	11.38 × 10 ⁻¹		
		假比重 ρ	7.316	7.312	7.297	7.271	7.238	7.209	7.175	7.14	7.105	7.081		
		比熱 C	1.370 × 10 ⁻¹	1.382 × 10 ⁻¹	1.398 × 10 ⁻¹	1.411 × 10 ⁻¹	1.431 × 10 ⁻¹	1.475 × 10 ⁻¹	1.460 × 10 ⁻¹	1.502 × 10 ⁻¹	1.553 × 10 ⁻¹	1.607 × 10 ⁻¹		

第1圖 鋼塊4種の顯微鏡組織

硝酸×100 鋼塊 No. 1 ピクリン酸×100 鋼塊 No. 2 ピクリン酸×100 鋼塊 No. 3 ピクリン酸×100 鋼塊 No. 4 鹽酸×100 無錳鋼



<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>
0.04	0.031	0.16	0.31	0.040	0.14	0.65	0.023	0.16	0.88	0.049	0.16	0.19	1.018	0.55	0.015
<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>
0.007	0.016	0.150	0.011	0.014	0.154	0.008	0.012	0.150	0.009	0.011	0.185	0.007	0.108	9.02	21.04

第16圖 普通鋼3種の顯微鏡組織

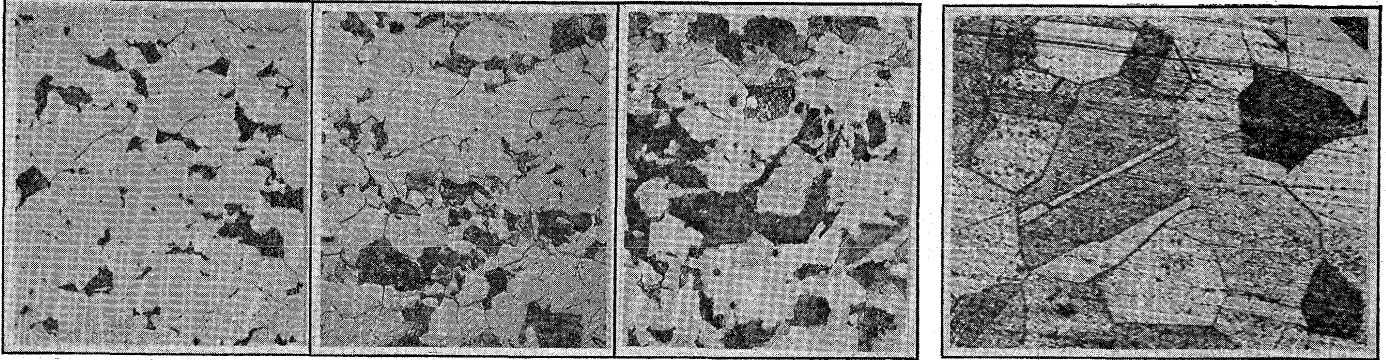
第29圖 眞鍮の顯微鏡組織

硝酸×100 美裝銅板

硝酸×100 造船鋼

硝酸×100 軟鋼

ハイン液×200 眞鍮



<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>	<i>Si</i>						
0.12	0.009	0.37	0.018	0.016	0.148	0.22	0.030	0.38	0.041	0.067	0.628	0.28	0.014	0.45	0.016	0.050	0.223	71.00	28.48	0.25	0.24	trace	trace

第35圖 鼠銑3種と白銑4種の顯微鏡組織

ピクリン酸×100 鼠銑 No.4

ピクリン酸×100 鼠銑 No.5

ピクリン酸×100 鼠銑 No.6

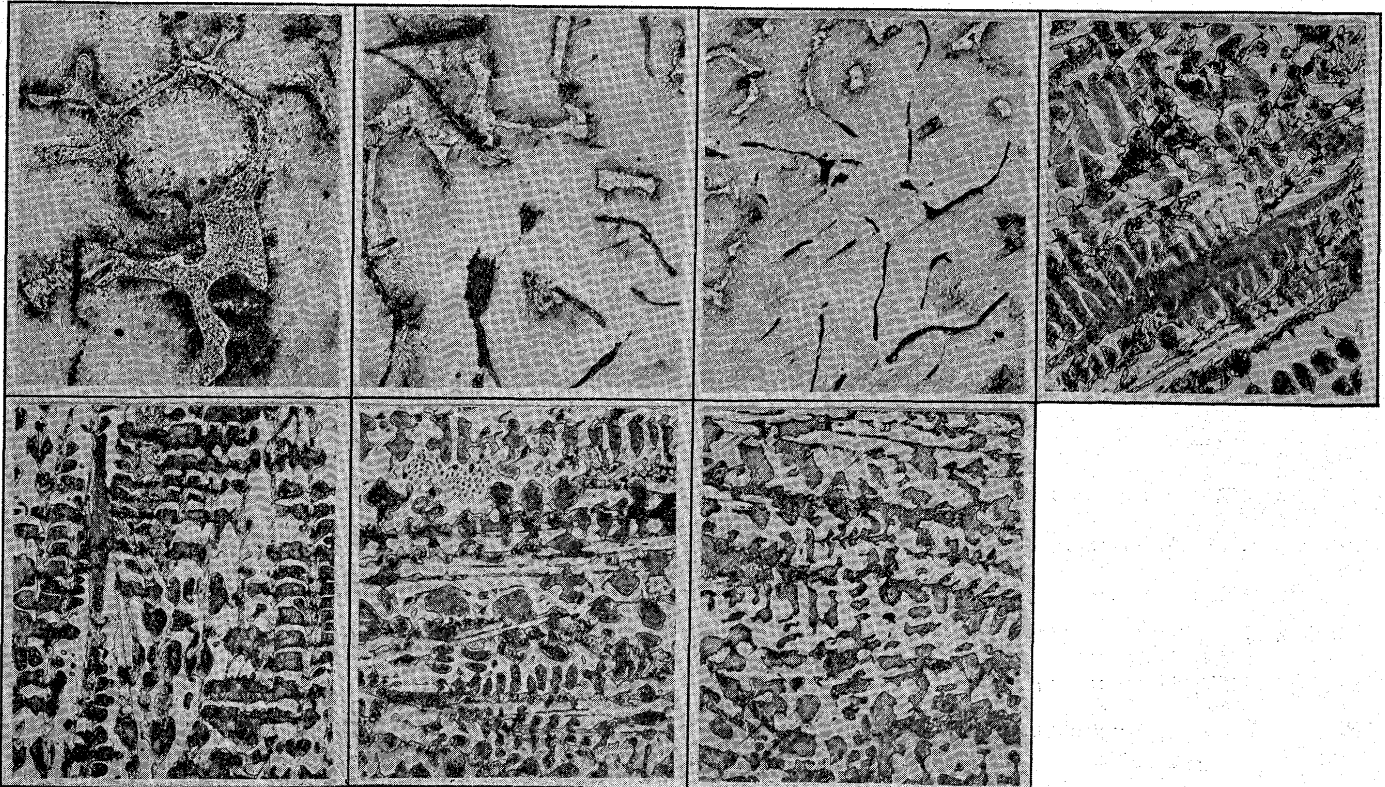
ピクリン酸×100 白銑 No.1

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>
3.08	0.58	0.44	0.540	0.074	0.138

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>
3.06	0.47	0.32	0.607	0.049	0.087	0.36

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>
3.09	0.35	0.29	0.610	0.048	0.184	0.55

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>
3.02	0.57	0.53	0.567	0.047	0.089



ピクリン酸×100 白銑 No.2

ピクリン酸×100 白銑 No.3

ピクリン酸×100 白銑 No.3

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>
3.16	0.46	0.34	0.629	0.045	0.059	0.34

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>
2.37	0.54	0.31	0.576	0.036	0.071	0.35

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>	<i>Mo</i>
3.14	0.47	0.37	0.605	0.042	0.057	0.37