

熔融状態に於ける鑄造用輕合金銅合金 及び鑄鐵の粘性に就て

(日本鐵鋼協會 第五回講演大會講演)

齋 藤 大 吉
松 川 達 夫

ABSTRACT. MEASUREMENT OF VISCOSITY OF THE MOLTEN LIGHT ALLOYS, COPPER ALLOYS AND CAST IRONS AT HIGH TEMPERATURES BY THE ROTATING CYLINDER METHOD

by Daikichi Saito and Tatsuo Matsukawa.

To measure the viscosity of molten metals and alloys the authors used the rotating cylinder method. To prevent the oxidation of the molten metals, their surfaces were covered by carbon powder or nitrogen gas current; and just before each measurement the oxide film on the surface was scraped off. Thus we could easily measure the viscosity of the molten metals.

The kinds of metals and alloys whose viscosity was measured are as follows:

1. Light alloys:— *Al*, *Al-Cu*, *Al-Zn*, *Al-Cu-Zn*, *Al-Si*, *Al-Cu-Ni*, *Al-Cu-Ni-Mg*, Silumin
2. Copper alloys:— *Al-branze*, bronze, brass, gun-metal, *Mn-bronze*
3. Cast Irons.

During the measurement of viscosity of aluminium and its alloys, the authors found two change points at 765°C; and 855°C; and their existence was further ascertained by thermal analysis and electric resistance measurement. The modification of Silumin seems to have some connection with the change at 765°C.

phosphorus, carbon, silicon and manganese improve the viscosity of cast iron in different degrees but sulphur injures it remarkably.

目 次

緒 言

第1編 液體の粘性測定

第1章 液體の粘性

第1節 粘性の定義 第2節 熔融金屬及
び合金の粘性測定 第3節 湯の流れの
測定

第2章 圓筒廻轉法による粘性の測定

第1節 歴史 第2節 原理 第3節 液
體の密度の影響 第4節 浮力の影響
第5節 液面の影響 第6節 落下分銅の
重量に就て 第7節 廻轉圓筒の形狀

第2編 熔融金屬及び合金の粘性測定

第1章 實驗裝置

第1節 廻轉圓筒及び外部圓筒 第2節

電氣爐及び支持臺 第3節 内部圓筒を

廻轉せしむる機構 第4節 冷却裝置

第5節 浮力の影響除去 第6節 廻轉

記録裝置 第7節 溫度測定裝置 第

8節 新實驗裝置

第2章 實 驗 方 法

第1節 酸化物の成生豫防及び除去

第2節 測定方法

第3章 熔融輕合金及び銅合金の粘性測定結
果

第1節 熔融輕合金の粘性測定結果 第2

節 熔融輕合金の粘性に就て 第3節 熔

融銅合金の粘性測定結果 第4節 熔融

銅合金の粘性に就て

第4章 輕合金の改良と粘性との關係

第1節 輕合金シルミンの改良 第2節

アルミニウム及びアルミニウム銅合金の改良 第3節 輕合金の改良と765°Cの變化との關係

第3編 アルミニウム及び輕合金の765°C及び855°Cに於ける變化に就て

第1章 アルミニウム及び輕合金の765°C

に於ける變化

第1節 電氣の抵抗の測定 第2節 熱分析

第2章 アルミニウム及び輕合金の855°C

に於ける變化

第1節 粘性の測定 第2節 電氣抵抗の測定

第4編 熔融鑄鐵の粘性測定

第1章 歴 史

第2章 實驗方法及び使用材料

第1節 實驗装置及び實驗方法 第2節 使用材料

第3章 實驗結果

第1節 熔融鑄鐵の粘性測定結果 第2節

不純物が初晶析出溫度に於ける鑄鐵の粘性に及ぼす影響 第3節 不純物が一定溫度に於ける鑄鐵の粘性に及ぼす影響

第4節 鑄鐵の初晶析出溫度と不純物の量との關係

總 括

緒 言

熔融状態に於ける合金の粘性を知ることは鑄造を行ふ際に非常に大切なことである。溫度の高低に依り將又含有せる各化學成分の割合によつて如

何に其粘性が變ずるかを知ること完全な鑄物を造らんとする場合の必須條件の一つである。然るに此の方面の研究は金屬の他の物理的性質の研究に比し甚た乏しい。熔融溫度の低い金屬及び合金に就ては是迄に多少の發表を見るがこれも或點に於ては互に甚だ相容れない結果を出して居り高溫度に於ける研究に到つては僅か一二の報告あるに過ぎない、然もそれが未だ不完全なる域を脱しない程度のものである。然らば何故に重要なる此の金屬の粘性の研究がかく微々として振はないのであるかと云ふと、その大きな原因としては何よりも先づ酸化物の成生を擧げなければならない。

從來行はれた如何なる測定方法も此の酸化物の爲に惱まされないものは無く或は眞空装置により或は瓦斯を通ずる等あらゆる手段を講ぜられしも溫度の上昇につれて酸化を完全に防ぐことが出来なくなり或は測定不能に或は不正確な結果に陥り終に實驗を中止するの止むなきに到つて居る。又高溫度に於ては物理的にも化學的にも安定な測定用器具の材料を得ることの困難と云ふことも此の研究の發達を阻害した一の原因である。

要之熔融金屬の粘性を測定する爲の適當なる装置、方法が未だ無いと云ふことになる。著者等は從來硝子、熔鑄爐鑄滓及びピッチ等種々の液體の粘性測定に屢々使用せられて好結果を收めて居る圓筒廻轉法を採用し金屬の測定に適するやう種々考案改良を施し又酸化物の成生は豫め窒素瓦斯或は木炭粉被覆等によつて之を防ぐと共に測定直前毎にこれを取除く工夫をしたので從來最も厄介視せられて居た此故障も何等恐るゝに足りないものとなり従つて熔融點の低い金屬は勿論、銅合金、鑄鐵の如き高溫度のものに至る迄容易に且好成绩

を以て測定することが出来るやうになつた。

第1編 液體の粘性測定

第1章 液體の粘性

第1節 粘性の定義 粘性は又内部摩擦と云ひ、液體が流動する時にその一部分が他の1部分に對して移動する場合の抵抗であつて、液體の種類及び溫度によつて定まる。

ニュートンによると渦動のない流體中に流れた平行な平面 F を置く時此の面が液體に及ぼす抵抗 R は次式によつて與へられる。

$$R = \eta \frac{dv}{dx} F$$

但し v は流れの速度

x は平面 F からの距離

η は粘性係數

従つて粘性係數 η は

$$\eta = \frac{R}{F} \cdot \frac{1}{\frac{dv}{dx}} = \left(\frac{m}{\text{秒}^2} \cdot \frac{1}{\text{秒}} \cdot \frac{1}{\text{秒}} \right) = \left(\frac{\text{ダイン} \cdot \text{秒}}{\text{糎}^2} \right)$$

なる元を持つわけである。

厚さ1糎の液體の層を隔てた二つの平行面の一つが静止し他が單位速度毎秒1糎で動く時に前者の單位面積1平方糎に働く力を粘性係數の單位とし poise と云つて居る。100 poise を “centipoise” と云ひ 20°C の水の粘性がこれに相當して居るので(正確には 1.005) 比粘性係數は 20°C の水を標準として居る。

第2節 熔融金屬及び合金の粘性測定 これ迄熔融金屬及び合金の粘性測定には流出法(毛細管法)と振動法の二つが用ひられた。前者は毛細管から流出する速度によつて粘性係數を定めるもの

で Arpi,¹⁾ Pluess,²⁾ Saverwald³⁾ 及び Toepler の諸氏は此方法を用ひ、後者に屬するものには圓板或は圓筒を熔融金屬中に吊し之に廻轉振動を與へ又は圓筒狀容器に熔融金屬を入れて吊し之に廻轉振動を與へて其の對數減衰から粘性係數を求むるものであるが、Fawsitt,⁴⁾ Oberhoffer⁵⁾ 及び Wimmer,⁶⁾ Wimmer⁶⁾ 及び Thielman,⁷⁾ 眞島⁷⁾ 氏等は此の方法を用ひたのである。

従來の測定方法及び結果に就ては松山芳治博士が金屬の研究第6, 7卷に於て詳しく輯録して居られるので此處に於ては省略する。

第3節 湯の流れの測定 湯の流れと云ふのは一定の鑄型に定まつた方法で鑄造する時に熔融金屬の行き渡る程度を云ふのである。溫度、粘性、比熱、熱傳導度、比重、瓦斯を放出する程度等種々の原因によつて此の性質の良否は左右せられるのであるが此の内粘性が一番大きな關係を持つて居るので湯の流れは一般に粘性の測定によつて推知することが出来る。普通用ひられて居る流動性(Fluidity)と云ふ語は此の湯の流れの意味であつて理論的の流動性即ち粘性の逆數とは異つた廣い意味のものである。

粘性測定裝置は未だ研究の時代であつて實用に供せられる程度のもは無いのであるが湯の流れの測定は既に鑄物工場に於て行はれて居るので簡単にその歴史を述べる。

始めて湯の流れの研究を行つたのは Thomas D. West 氏⁸⁾ (1898年)であつて特殊の形をした鑄型を用ひ、Ledebur 氏⁹⁾ (1904年)は 250×25×1.5 mm の大きさのもの A. H. Sexton 及 J. G. Primrose¹⁰⁾ 兩氏(1911年)は同じく薄い斷面で 1½吋のもの、Richard Moldenke 氏¹¹⁾ (1917年)は一端が 1×1½

時で他端が閉ぢた楔形のもの又 Brousseval¹²⁾ 工場は 1923 年の第一回萬國鑄物學會に兩端が 10×40 mm 及び 5×40 mm で長さが 1,200 mm の試験片を提出して居る。

以上は何れも眞直な試験片であるが著者の 1 人¹³⁾は林狷之介氏と共に螺旋形の鑄型を考案せしが此方法は今日諸外國で行はれる様になつた。今其の概要を述べると斷面 10×7mm 長さ 5,000mm の長い溝を螺旋形に乾燥砂型内で造り之に地金を鑄込まして其の出來た試験片の長さを測定して其金屬の其溫度に於ける流動性としたのである。型は上下 2 個よりなり下型中に試片の鑄型を造り上型は平面であつて、上型中試片の中心部にある端に相當する所に直徑 20 mm の湯の上りをつけ、外端に相當する所に長さ 100 mm、直徑 35 mm の鑄込孔を設け其上に容量約 1,700 cm³ を有する湯溜りを置いたのである。此湯溜りの底には注入孔と正に一致する直徑 35 mm の孔を造り赤熱した栓を以て閉鎖するのである。型は 1 晝夜乾燥爐内で乾燥した後組立て測定せんとする熔融金屬を湯溜りに一杯になる迄満たし溫度を測り栓を抜いて熔融金屬を型内に一定の壓力で鑄込む。鑄込まれた試験片の長さを測定する。此の方法によつて各種金屬、青銅、砲金、鑄鐵の流動性を明に示された。

其後此方法及び改良法によつて Desh¹⁴⁾ 氏 (1921 年)、Remy¹⁵⁾ 氏 (1922 年)、Curry¹⁶⁾ 氏 (1927 年) 等が研究を發表して居られる。

第 2 章 圓筒廻轉法による粘性の測定

第 1 節 歴史 液體の粘性を測定する爲の圓筒廻轉法には次の 2 種類がある。2 個の同軸の圓筒の間に測定すべき液體を入れ、外部の圓筒を一定速度で廻轉せしめて内側の圓筒に作用する廻轉力

(Torque) に依つて粘性を定める方法と、外部の圓筒を固定し内部の圓筒に定まつた偶力を與へて廻轉せしめその速度によつて粘性を求むる方法とである。

1881 年に始めて Margules¹⁷⁾ 氏によつて此方法が用ひられ其後水、ピツチ、粘い液體、熔鑛爐鑛滓、硝子等種々の液體の粘性測定に用ひられて好結果を収めたのである。

熔鑛爐鑛滓の粘性を測定したものには A. I. Feild 氏 (1916 年) は外部圓筒を廻轉せしむる方法によつて

A method for measuring the viscosity of blast furnace slag at high temperatures.¹⁸⁾

を、又同氏は 1918 年に P. H. Royster 氏と共同で

slag viscosity tables for blast furnace work 及び

temperature-viscosity relation in the ternary system $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ ¹⁹⁾

を發表し、我國に於ても最近に製鐵所に於て長谷川、谷口、上田の三氏²⁰⁾が内部圓筒を廻轉せしむる方法によつて「熔鑛爐鑛滓の粘性研究」を報告せられた。

此方法を用ひて硝子の粘性を測定した人々には Washburn²¹⁾ 及 Shelton²²⁾ 氏、English²³⁾ 氏、Gehlhoff²⁴⁾ 及 Thomass²⁵⁾ 氏 Proctor 及 Douglas 氏等がある。

第 2 節 原理 2 個の同軸の圓筒の間に液體を滿たして内部圓筒を廻轉せしめると次の理論式が成立する。

$$\eta = \frac{c}{4\pi h w} \left(\frac{1}{\gamma_0^2} - \frac{1}{\gamma^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

η : 粘性係數

c : 廻轉筒に働く偶力

h : 液の深さ

ω : 合成角速度

r_0 : 内部圓筒の半径

r : 外部圓筒の半径

今與へられた一定の装置で與へられた液體の深さを取れば上式は次の如く書換へられる。

$$\eta = k \frac{W}{S} \dots\dots\dots (2)$$

W : 落下分銅の質量

S : 1 分間の廻轉數

k : 既知の粘性の液體で補正して得たる装置の常數

$$S = \frac{60}{T} \dots\dots\dots (3)$$

T : 1 廻轉に要する時間 (秒)

故に

$$\eta = \frac{k}{60} TW \dots\dots\dots (4)$$

W を一定にすると

$$\eta = KT \dots\dots\dots (5)$$

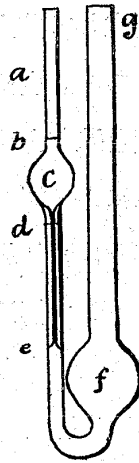
若しも補正用の液體が研究して居る液體と同一の粘性を持つて居るなれば此方法は實際上一つの置換法となる。更に色々粘性を異にする數種の液體で此装置を補正し常數 K と使用した液體の粘性との關係圖を取ればそれで完全になる。かくして廻轉筒の先端の影響、装置自身の摩擦から来る影響及び其他色々な理由による理論式の缺陷に基づく誤差を全く除くことが出来る。

以上が従來與へられた圓筒廻轉法による粘性測定の原理であるが、此處に注意すべきは以上の式中に於て測定せらるゝ液體の密度が全く含まれて居ないことである。従つて一見甚だ便利なやうに

思はれるのであるが、如何なる方法によるも液體の密度を無視してその粘性係數を求むることが出来るものではない。著者等は次節に於て如何に液體の密度が圓筒廻轉法による粘性測定に影響するかを實驗によつて明にした。

第3節 液體の密度の影響 粘性係數は同じであるが密度を異にする數種の體液を求めこれによつて密度の影響を確むることとした。

第1圖 粘性係數の決定 使用した装置



はオストワルド氏粘度計であつて第1圖に示すものである。

de は毛細管で直徑 0.7mm 長さ 100mm、 bd 間即ち c の容積は 15 c.c. であつてこれだけの液體が流下するに要する時間をストップウォッチで測るのである。液はピペットで正確に 50 c.c を取り f に

入れる。

粘性係數は次式によつて計算される。

$$\frac{\eta}{\eta_w} = \frac{dt}{d_w t_w}$$

η_w は水の粘性係數、 d_w は密度、 t_w は流下に要した時間である。従つて液體の密度 (d) と流下時間 (t) とを測定すれば粘性係數 (η) を知ることが出来る。

直徑 18cm 高さ 24cm の廣口瓶に約 3 立の溶液を造りその濃度を色々變へて粘性を測定するのであるが測定中温度の變化を避くる爲にオストワルド氏粘度計を此の廣口瓶の溶液中に浸して恒温槽の代用とした。所要の粘性を持つ液體が調製せられるとその廣口瓶をそのまま圓筒廻轉法の装置下に置き直ちにこれで粘性を測定した。

使用液體の種類、著者等が取扱ふ金屬合金に適
用する爲には溶液のみではその密度の範圍が餘り
に狭きに過ぐるので、從來最も多く且正確に測定
せられた錫及び蒼鉛を採用することにした。

Sauerwald 氏の數値は毛細管流通法で決定せら
れたのであるが最も新しく且信頼するに足ると思
はれるので錫及び蒼鉛の粘性係數及び密度は同氏
によることとした。液體の種類、比重、粘性係數
は第1表の通りである。

液體の種類	温度 °C	比 重	粘性係數	圓筒廻轉法 にて測定	
				T(A)	T(B)
石油+揮發油	31	0.846	0.015593	1437	$\begin{cases} 172r \\ 1728 \end{cases}$
アリセリン+水	32	1.071	0.015964	$\begin{cases} 1502 \\ 1478 \end{cases}$	$\begin{cases} 1809 \\ 1828 \end{cases}$
硫酸銅水溶液+ アラビアゴム	32	1.155	0.01555	1509	1868
錫	325	6.894	0.01580	$\begin{cases} 3319 \\ 3311 \end{cases}$	5508
蒼鉛	330	9.960	0.01580	$\begin{cases} 4264 \\ 4251 \end{cases}$	7493
			sauerwald 氏 // //		

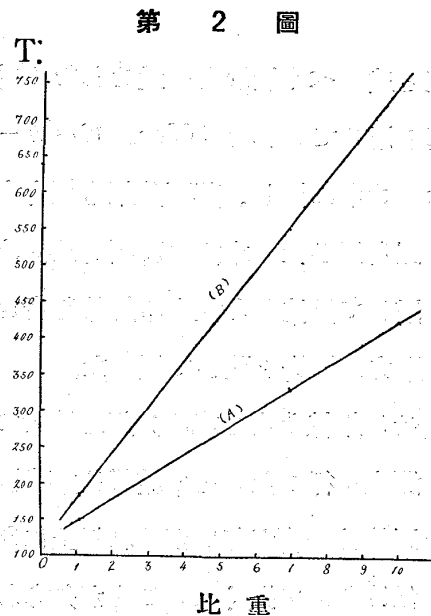
但し(A)は輕合金(B)は銅合金測定と同じ條件
で行つたもので廻轉圓筒の大きさ、廻轉軸に取付
けた滑車の直徑落下分銅の重さを異にして居る。T
で 1437 とあるは 0.1437 秒で廻轉圓筒が一定速
度で廻轉する時の 1 回轉の時間を表はす。

圓筒廻轉法にて測定、廻轉圓筒は輕合金及び銅
合金に使用するものと同じ大きさに造られ、水溶液
には木製、錫及び蒼鉛には銅管を熔接して造つた
内部が空洞のものでそこにニツケル粒及び鉛を入
れ熔融錫及び蒼鉛中で浮沈みせぬやう重さを加減
したもので表面はアラダムセメントを塗布し
た。

錫は三菱電解錫を蒼鉛は足尾電解蒼鉛を何れも
5kg を使用した。測定結果は第1表に示す通りで

ある。

密度の影響、密度を横軸に測定結果を縦軸にと



ると第2圖に
なる。何れも
その粘性係數
は等しいので
あるが圓筒廻
轉法では密度
の相違で此の
如く表はれて
来る。密度を
考へに入れな
いで單に測定

結果より見る時は、錫は水溶液の約3倍、蒼鉛は
約4倍の粘性を持つこととなる。(Bの場合で)

今輕合金或は銅合金で密度の異つたものゝ粘性
を測定し、正確に比較せんとする時は各々の密度
を求め、これを横軸に粘性測定値を縦軸に取りそ
の點から A 或は B に平行線を引き、同じ密度に
補正して比較しなければならない。

第4節 浮力の影響 廻轉圓筒が熔融金屬中に
浸されると後者の密度が甚だ大であるから前者は
その浮力の爲に著しく上方に押上げられる即ち装
置の廻轉軸が押上げられ従つてボールベアリング
の摩擦は大となり廻轉が妨げられることとなり粘
性測定結果が不正確なものとなる。此の浮力が廻
轉を妨げない程度の範圍を知る爲に次の實驗を行
つた。

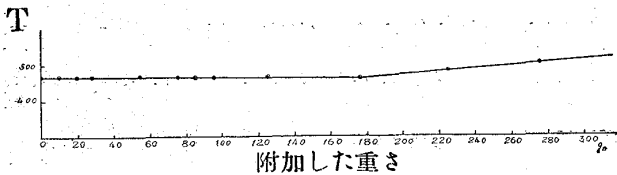
廻轉軸を上方に壓する力を色々變えて廻轉せし
むることは甚だ困難のことであるが此の反對に下
方へ一定の力で壓しつゝ廻轉せしむることは容易
である。即ち廻轉軸に一定量の重力を加えて行へ

ばよい。ボールベアリングに與へる廻轉摩擦は何れにしても同じ結果であるから著者等は此の方法で試験した。

熔融金屬測定と成るべく狀況を一致せしむる爲に木製廻轉圓筒を用ひてこれを 500cc、ビーカーに盛れるグリセリン中に浸し、落下分銅も輕合金の場合の 16.5 瓦を用ひた。木製廻轉圓筒は豫めグリセリン中に浸して浮沈なき程度に銅線を巻きこれより生ずる浮力の影響を除いて置いた。

廻轉軸に秤量せる銅線を巻き或は分銅を乗せて重力を増しつゝ測定を行つた。その結果は第3圖に示す。約 170 瓦迄は影響が無いがそれ以上になれば急に廻轉が妨げられて遅くなることが知られる。

第 3 圖



此の結果から廻轉軸に與へる浮力には ±170 瓦以内に保つ必要があることとなる。密度の大きい銅合金、鑄鐵の測定を行ふ時には豫め適當の重力を加えて置いてその浮力を 170 瓦の重さ以内に減じて置く必要がある。

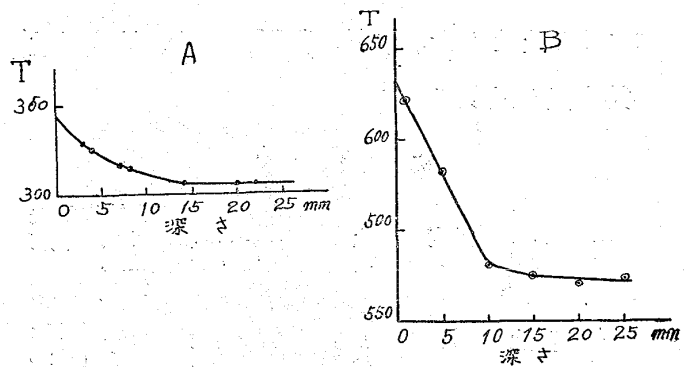
第5節 液面の影響 廻轉圓筒の上部が液體の表面に接して居る時はその影響を受けて廻轉が妨げられ又液中に深く入り過ぎる時は廻轉棒の液中に在る部分が多くなり従つて測定結果はそれだけ増すことになる。

液面の影響を確かめ適當の深さを得る爲にアルミニウムを 770°C に又青銅 (錫 8.95%、鉛 4.81%、燐痕跡) を 1,052°C に保ち深さを變化せしめ

て測定を行つた。

第4圖 A はアルミニウム、B は青銅であつて横軸は液面と廻轉圓筒の上面との距離で即ち液の深さを示し縦軸は測定値を示す。15~20mm の深さが最も適當なるを知る。輕合金、銅合金及鑄鐵の測定に於て何れも 20mm の深さを取つた。

第 4 圖



第6節 落下分銅の重量に就て 粘性と落下分銅の重量とは第4式に與へられた關係がある。

即ち

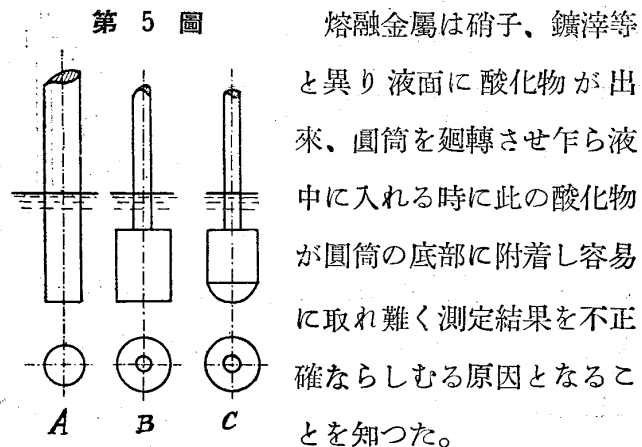
$$\eta = \frac{k}{60} T W \dots\dots\dots (4)$$

或液體で粘性係數 η を一定に保つ時は常數 k は定まり時間 T と分銅の重さ W とが變數になる。此式は雙曲線を表はし T を求むる爲には任意の W を與ふればよいことになる。換言すれば落下分銅の重量は如何程でもよいことになる。しかしこれは理論的には成立するが實際の場合に於ては落下分銅を重くすると装置の兩端に取付けられた絲の方向 (力の方向) を變へる滑車にかかる重力が増し従つてその廻轉摩擦を大とし、 T の値は理論式に與へられたものよりもそれだけ大となる。

従來の研究を見るに粘性が大になると落下分銅の重量を増して T を測定し上記の式から η を算出して居るが是は誤である。なるべく同一重さの

分銅で測定するか、若し分銅の重さを變へるなれば實驗によつて各種の粘度を持つ液體で $T-W$ 曲線を造りそれに依つて補正を行ふ必要がある。

第7節 廻轉圓筒の形狀 從來使用せられた廻轉圓筒は第5圖 A²⁵⁾ 27) 及び B²⁵⁾ であつて、A の圓筒は製作が簡單であるが液面に觸れる部分が多くその影響を受くることが大であるが B は之に反し液面の影響を受くことが少い。著者等は輕合金の測定には B 型を採用した。



ヒマン油、グリセリン等の液體を用ひ實驗を行ふに底部に附着した氣泡は廻轉につれて益々中央部に集り廻轉によつて取除くことは不可能であつた。

しかし第5圖・Cの如く底を圓錐形(但し球狀に近い)とすることによつて酸化物の附着を恐れる必要がなくなつた。底に附いた酸化物は數回廻轉せしめると自然に取除かれてしまつた。ヒマン油、グリセリン等で實驗を行つたが底部に附着した氣泡は1-2回の廻轉で次第に上部に浮上り奇麗に取去られた。銅合金、鑄鐵の測定には此のC型を採用した。

第2編 熔融金屬及び合金の粘性測定

第1章 實驗裝置

裝置は次の各部分よりなつて居る。

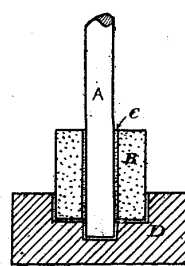
- (1) 熔融金屬を入れる 黒鉛坩堝即ち外部圓筒及び表面にアラングラムセメントを塗布した耐火粘土又は鐵製の廻轉圓筒
- (2) 電氣爐及び支持臺
- (3) 内部圓筒を廻轉せしむる機構
- (4) 浮力の影響除去
- (5) 冷却裝置
- (6) 廻轉記録裝置
- (7) 溫度測定裝置

第1節 廻轉圓筒及び外部圓筒 輕合金の時に

は鋼管を熔接して造つた空洞廻轉圓筒で第5圖B型であつて表面にはアラングラムセメントを塗布したものである。廻轉圓筒の大きさは直徑40mm、高さ50mm、廻轉棒は直徑15mm、長さ160mmである。後述の輕合金の高溫度の變化(855°C)の測定には耐火粘土製の廻轉圓筒を用ひたのであるが此の方が測定が容易であつた。

銅合金用の廻轉圓筒は高溫度に耐え且熔融合金に侵されないものを使用する必要があるので廻轉圓筒は耐火粘土製で高さ50mm、直徑50mm、中央に直徑20mmの長孔が穿たれてある。此の中に直徑15mm、長さ350mmの製鐵棒の一端が入るの

第6圖



である。その製作方法を示すと第6圖に於てAが磁製棒、Bは耐火粘土製圓筒、Dは木型であつて、DにBを入れ更にAを入れる。Aの下端はBより約10mm出る。これで大體AとBとは中心線が一致したことになるのでA・B間にアラングラムセメントを軟かい程度に水で煉つたものを流し込む、Cで示す。水分はBに吸取られてセメントは固る。此の時、手早くDを取去りAを旋盤に掴ませて緩やかに廻轉せしめBが少しも振れないやう即ちAとBとが全

く同心となるやう矯正する、アラングムセメントが全く固まると第 5 圖 C のやうに尖端をアラングムセメントで形造り表面全部に、又磁製棒も約 50mm の高さ位迄アラングムセメントを塗る。乾燥後電氣爐で 800°C 位に焼いて置きこれを使用する。

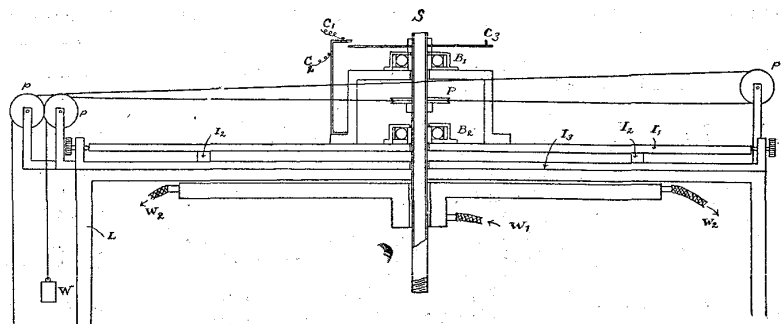
熔融金属を入れる外部圓筒即ち黒鉛坩堝は日本坩堝會社製で輕合金には 4 番、銅合金には 5 番を使用した。此程度の坩堝であれば其内壁が粘性の測定に影響なきことを豫め確めた。

第 2 節 電氣爐及び支持臺 輕合金にはニクローム線電氣爐を用ひ 其の支

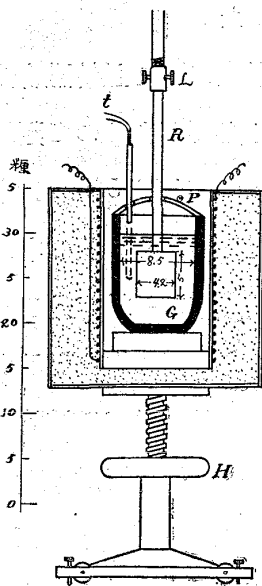
調節した。電氣爐の底は上部と同じ直径の穴が開いて居つて坩堝は上下何れからでも出し入れが自在である。従つて支持臺も特別の構造を持ち電氣爐の上下は勿論これを固定して置いて坩堝のみの昇降も自由なやう造つたものである。

第 3 節 内部圓筒を廻轉せしむる機構 第 7 圖

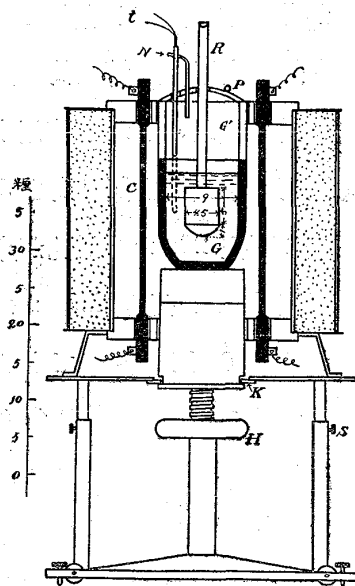
第 7 圖 (A)



第 7 圖 (B)



第 7 圖 (C)



A に於て廻轉軸 S は鋼管製で 2 個のボールベアリング B₁, B₂ で支えられて居る。上端には廻轉を記録する爲に電流を切るピン C₂ を持つアルミニウム圓板があり、中央部には滑車 P があつて落下分銅 W を吊す絹絲が滑車 P を經て一卷きして居る。C₁ はニッケル線を壓延して造つた細いリボンが取り付けられた電流斷續器であつて、電流は C₂ C₁ の間を流れて居るが S が廻轉し C₂ が C₁ のリボンに觸れるとその瞬間に電流が切斷せられクロノグラフの現示紙上に屈折點を記録する。(但し舊装置)

支持臺は上下左右前後の運動が自由なやう設計せられ四隅に螺子があつて電氣爐を水平の位置に保つやうに造られて居る。

銅合金及鑄鐵は温度が高いので長さ 16 吋のカーボランダム抵抗棒 8 本或は 9 本を有する電氣爐を造つて使用した。この電氣爐は約 10 キロワットの電力を消費し 5 個の抵抗器を使用して電流を

第 4 節 冷却装置 電氣爐から上昇する熱の對流及び輻射の爲に装置特に廻轉軸及び I₃ 鐵板(第 7 圖(A))が熱せられる、従つてボールベアリングの温度も上昇しその膨張の爲に抵抗を増して廻轉摩擦を大とする恐れがある。それを防ぐ爲に I₁, I₃ 鐵板の間に I₂ なる角鐵棒を置き空氣間隙を設けた、外に水が W₁ から入り W₂ から流れ出る

冷却器を取付けて主として I₂ 鐵板の熱せらるゝのを防ぎ更に扇風器を用ひて廻轉軸を冷却せしめた。是等の設備の爲に装置の主要部分は熱から全く安全に保護せられボールベアリングは何時も同じ状態で測定が行はれた。(但し舊装置)

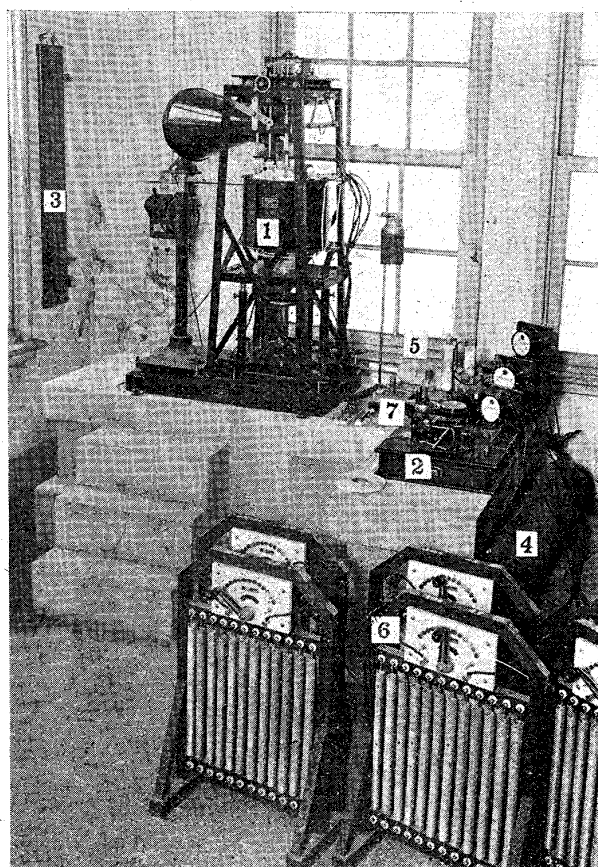
第5節 浮力の影響除去 熔融金屬は水溶液と異りその密度が大きいのので廻轉圓筒を浮かす力即ち押上ぐる力が非常に大きい。第1編で述べたやうに此の装置では約±170 瓦の重量に相當する浮力迄か許容されて居るのでその範圍内に浮力を加減する必要がある。輕合金は密度が小さいので廻轉軸に3個の締付け螺子を有する金具を取付け、これが攪む廻轉棒及び圓筒と合せた重力で浮力と大體平衡が取れる。銅合金及鑄鐵の磷、硫黃の影響測定の場合は密度が甚だ大であるから特に6分テーパードリルチャック (3/4 inch Taper Drill Chuck) を加工して其の浮力と釣合ふやう重さを加減して造つたものを取付け、これに轉廻棒を握らすやうにした。かくして浮力の影響による誤差を除いた。鑄鐵の炭素、珪素、滿俺の影響に付ては新装置を用ひたが、これには浮力調節器が附いて居るのでその方の心配は不要である。

第6節 廻轉記録装置 安藤商店製のクロノグラフ及びクロノメーターを使用した。絶えず走つて居る現示紙上に2本の線が畫かれ1本は1秒毎にクロノメーターから送つて來る電流の爲に屈折點を記し、他の1本は粘性測定装置の廻轉軸が一回轉する毎に電流が切斷せられて屈折點を記入する。一回轉に要したテープの長さ及びその傍の1秒間に走つた長さを精密に測り前者と後者と割ると1回轉に要した時間を正確に求めることが出来る。

第7節 溫度測定装置 よく補正した白金—白金—ロヂウム熱電偶を用ひて溫度を測つた。

第8節 新實驗装置 種々改良考案を施して造つた新装置は寫眞1及び2に示す鑄鐵の炭素、珪素、滿俺の影響に付ては此の装置で測定を行つた。

寫眞1 熔融金屬粘性測定装置及び附屬器具全景



寫眞1は測定装置及び附屬器具の配置を示す。

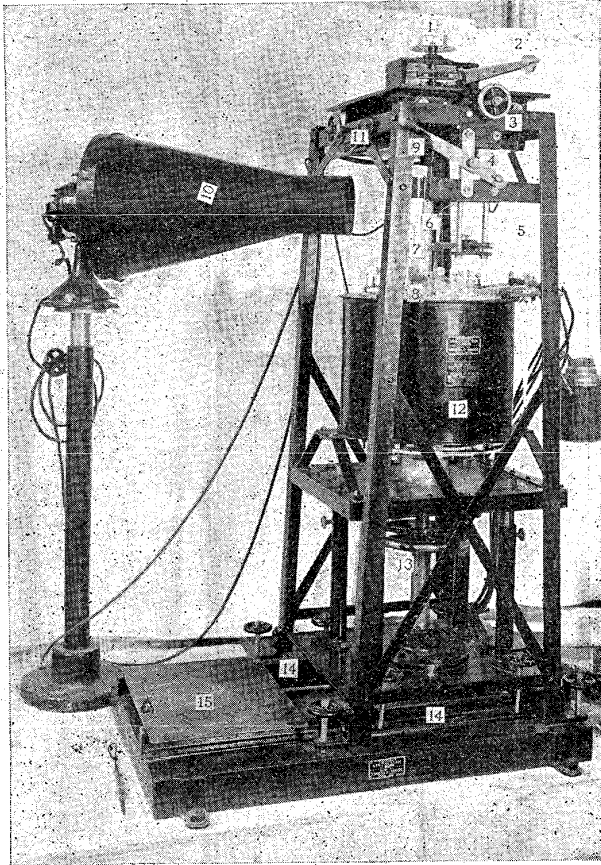
- (1) 粘性測定装置
- (2) クロノグラフ 圓筒の廻轉を記録する。
- (3) クロノメーター クロノグラフへ1秒毎に電流を送る。
- (4) 窒素瓦斯容器 6,000 立入
- (5) 窒素瓦斯清淨装置 窒素瓦斯中に含有せらるゝ酸素を除く装置でピロガロールのアルカリ溶液を通り、濃硫酸及び五酸化磷で水分を吸収せられ、赤熱した銅網の中を通過

して完全に酸素を除去せらる。

(6) 電氣爐用抵抗器

(7) 溫度計

寫眞2 熔融金屬粘性測定裝置



寫眞2は測定裝置で各部の説明をする

(1) 浮力調節器 廻轉圓筒が熔融金屬中に浸されるとその浮力の爲に非常な力で上部に押し上げられ従つてボールベアリングの摩擦が増し測定結果が不正確になる。浮力の爲に此調節器自身も押し上げられるやうになつて居て此の上に適當な重さの圓板の分銅を置き浮力の影響を除去する。

(2) 落下分銅用滑車 此の反對の側にも1個ある。

(3) 整正螺子 前面、側面に各1個あつて、これにより廻轉圓筒を熔融金屬の入つて居る黒鉛坩堝の中心に合はす。

(4) 保護管昇降器 圓筒を廻轉せしめて測定を

行ふ時にこれで保護管を引上げる。

(5) 白金—白金ロヂウム熱電偶

(6) 磁製棒 此の先に廻轉圓筒が附着して居る

(7) 窒素瓦斯導入、磁製管

(8) 窺き穴 黒鉛坩堝蓋の約1/4が開き得るやうになり熔融金屬の視察、母合金の投入、酸化物の除去等を行ふ。

(9) 流水冷却器 } 測定裝置の主要部分を冷却しボールベアリングの溫度上昇を防ぐ

(10) 冷却用扇風機 } 上昇を防ぐ

(11) コバルト硝子 これを透して熔融金屬の状態を見る。

(12) カーボランダム抵抗棒電氣爐 エレマ抵抗棒9本を使用する

(13) 電氣爐臺 電氣爐全部の上下、金屬出し入れの爲に坩堝のみの昇降も自由に造られて居る。

(14) 電氣爐用レール

(15) 踏臺 此上に立つて測定を行ふ 此れを取り去り電氣爐を此位置に來らしめて金屬の出し入れを行ふ。

第2章 實驗方法

第1節 酸化物の成生豫防及び除去 酸化物は緒言に於て述べし如く熔融金屬粘性測定の大敵であつてこれが爲に粘性研究の發達は阻まれ、實驗を不正確ならしめ研究によつては全く相反した結果を報告して居る。従つて此の酸化物を生ぜしめない工夫が色々行はれ、熔融金屬の表面を融けた樹脂、亞鉛とアンモニアの鹽類或は硼砂等で被覆²⁹⁾し、水素瓦斯或は窒素瓦斯を通じ或は石墨の圓板³²⁾で表面を覆ふ等の方法が取られた。

著者等は輕合金の場合には表面の薄膜をアランダムセメントを塗布した鐵板の篋で除いて測定を行ひ、輕合金の高溫度の變化の測定の時には 20

メツシユの木炭粉で被覆し更に測定直前毎に酸化膜を除いた。銅合金の時は總て木炭粉被覆を施して酸化物の成生を防ぎ、更に炭素棒で熔融合金の表面特に廻轉棒の周圍をよく搔き目に見えない程度の薄膜をもよく除き直ちに測定を行つた。銅合金に於ては木炭粉被覆は非常に大切であつて、これが酸化消失して輝やいた液面が表はれると直ちに酸化物を生じ間もなく測定が出来なくなる。銅合金では 1,000°C 附近の高温度にある爲に木炭粉を上から投入したのみでは全部吹き飛ばされ被覆を行ふ事が出来ないで、直徑 10mm、長さ 300mm の磁製管に木炭粉を満たし紙で詰を施しこれを熔融合金の上部に持つて來ると木炭粉は一部分は吹き出るも容易にその表面を覆ふ事が出来る。一回の實驗にかくした木炭粉の管約 20 本を要した。鑄鐵の時は窒素瓦斯を通じて酸化を防いだ。

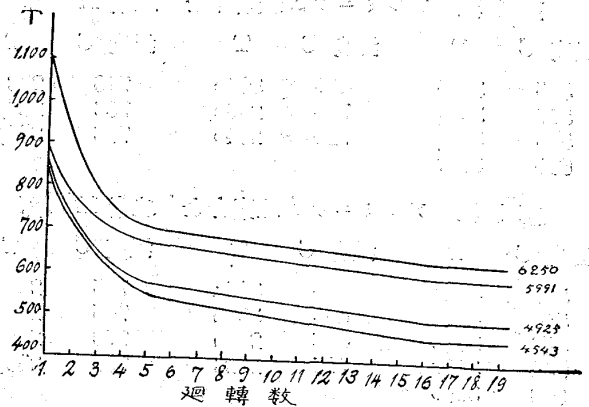
測定直前毎に一回づゝ酸化膜を除くことは未だ嘗て從來の研究者に行はれなかつたことで輕合金のみならず銅合金、鑄鐵の如き高温度に於ける測定にも好結果を収むることが出来たのは單に圓筒廻轉法が熔融合金の粘性測定に適當して居たのみではなく、酸化物を取除いて測定を行つたことに負ふ處が少くないと思はれる。試みに單に木炭粉被覆を施したのみでその表面を搔かずに青銅の粘性を測定したが全く不正確なものであつた。而も木炭粉を少し除くとその下は綺麗な面で輝やいて居るのであるが目に見えない程度の薄い酸化膜が出来て居て廻轉を妨げるのであらう。

第2節 測定方法 坩堝の蓋の一部分を開き鐵板製筒(輕合金)又は炭素棒(銅合金及鑄鐵)でよく酸化物を除き直ちに落下分銅を落して測定を行ふ。その時の温度をパイロメーターで讀みその温

度の粘性とする。廻轉速度は始めは遅いのであるが次第に加速度で速くなるも遂に液の粘性に妨げられて一定となる。此の一定となつた時の1回轉の時間を以て粘性を示す。(5)式の T は之に相當して居る。

第9圖は此の廻轉状態を示し横軸は廻轉數、縦軸は1回轉に要した時間を表はし 17~18 回轉で一定速度になつたことを示す。

第 8 圖



落下分銅の重量は輕合金では 16.5 瓦、銅合金では 19.5 瓦を用ひた。鑄鐵では 17.5 瓦(新装置では 11 瓦)を用ひた。

第3章 熔融輕合金及び銅合金の粘性 測定結果

第1節 熔融輕合金の粘性測定結果 使用材料

アルミニウムはアメリカ、アルミニウム會社製純度 99.8% のもの、銅は大阪三菱製電解銅、亞鉛は大阪三菱製電解亞鉛、ニッケル、モントニッケル マグネシウム等は市販品、珪素は 98% 珪素鐵、アルミニウム及び輕合金の粘性測定結果は第 2—13 表及び第 9—14 圖に示す。

T は前述の如く廻轉圓筒の廻轉が一定になつた時の一廻轉に要する時間で 4633 は 0.4633 秒であつてその時の温度の粘性を表はす。銅合金、鑄鐵の場合も此れと全く同じ意味である。

第2表 アルミニウム

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
659	5082	689	3174	754	3060
〃	3965	701	3155	773	3043
〃	3339	709	3132	779	3033
〃	3282	718	3093	769	3000
664	3249	732	3085	805	3022
681	3194	744	3080	823	3011

第3表 アルミニウム珪素合金 珪素 6.46%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
612	4633	690	3135	770	2997
613	3356	724	3074	780	3014
617	3194	750	3035	800	2999
640	3198	763	2997	820	2985
670	3142				

第4表 アルミニウム珪素合金 珪素 11.60%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
575	3516	660	3030	740	2920
577	3304	700	2962	763	2875
590	3104	720	2940	788	2849
605	3101				

第5表 アルミニウム珪素合金 珪素 12.77%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
576	5152	640	3074	725	2910
579	4312	653	3039	765	2837
583	3860	696	2959	770	2826
600	3157	707	2925	795	2835
629	3098				

第6表 アルミニウム珪素合金 珪素 20.93%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
670	5711	730	3091	775	2750
688	3439	740	3012	785	2756
697	3439	750	2920	795	2730
705	3353	760	2300	840	2690

第7表 アルミニウム銅合金 銅 8.48%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
633	3366	663	3320	773	3127
636	3628	680	3291	777	3118
〃	3595	723	3190	800	3114
637	3474	753	3148		

第8表 アルミニウム銅合金 銅 12.82%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
626	5000	697	3274	737	3223
627	4607	740	3237	794	3209
632	3562	752	3237	806	3223
665	3277				

第9表 アルミニウム銅亜鉛合金
銅 2.97% 亜鉛 13.73%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
623	5059	730	3391	775	3296
630	3985	745	3352	780	3296
634	3654	753	3340	814	3290
663	3549	760	3310	816	3236
713	3419	767	3268		

第10表 アルミニウム亜鉛合金 亜鉛 14.52%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
628	4850	713	3409	766	3210
630	3652	722	3333	768	3196
670	3545	760	3213	820	3194

第11表 アルミニウム亜鉛合金 亜鉛 28.95%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
603	4102	696	3235	752	3139
604	3596	710	3223	771	3117
630	3434	720	3204	780	3115
650	3364	745	3142	810	3110
673	3322				

第12表 アルミニウム銅ニッケル合金

銅 3.63% ニッケル 2.15%

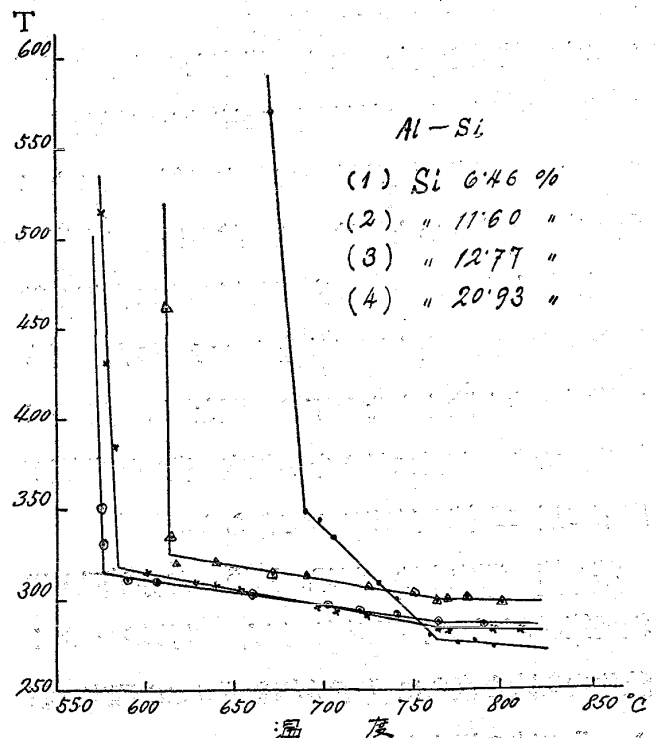
温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
637	4333	690	3144	786	3062
638	3677	705	3115	800	3022
640	3250	761	3038		

第13表 アルミニウム銅、ニッケル、マグネシウム合金

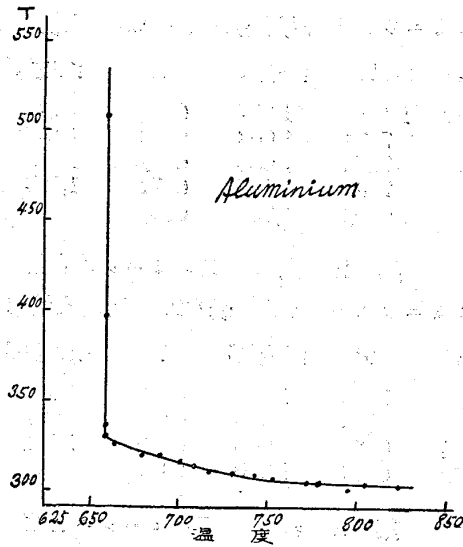
銅 3.41% ニッケル 2.03% マグネシウム 0.22%

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
630	3983	647	3313	770	3071
〃	3481	660	3275	784	3089
631	3372	670	3252	806	3079
640	3331	725	3129		

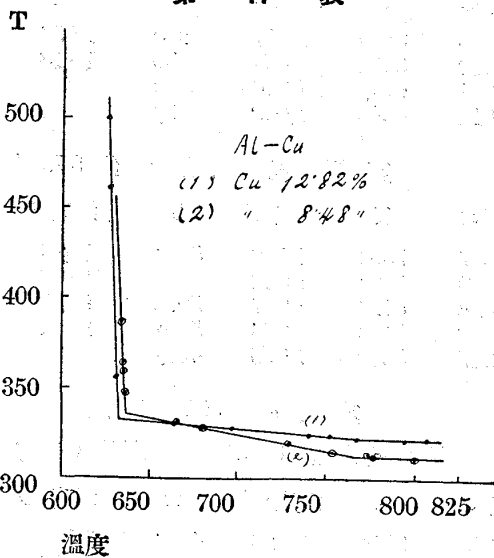
第10圖



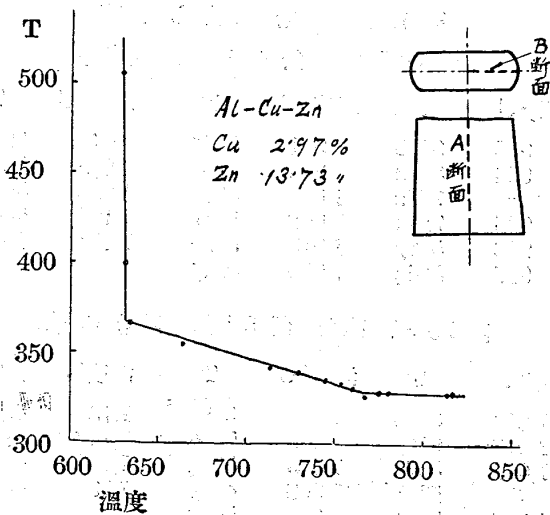
第 9 圖



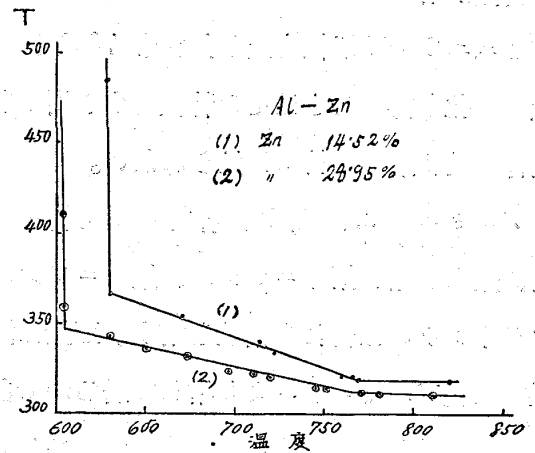
第 11 表



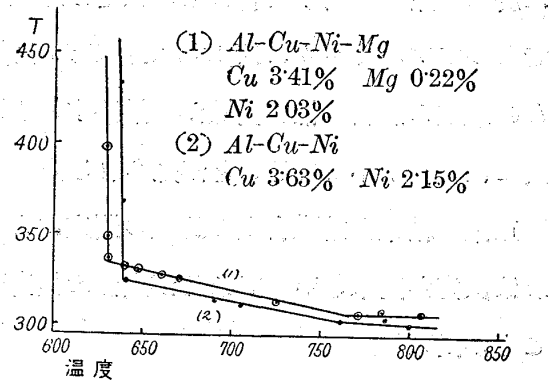
第 12 表



第 13 圖

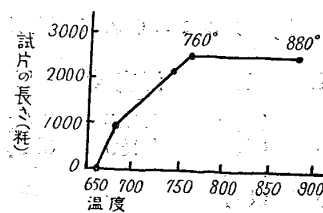


第 14 圖



第2節 熔融輕合金の粘性に就て 測定結果を見るに何れも 765°C 以上では温度の上昇によつて粘性の減少は極く僅かで曲線は殆んど水平に近い。765° 以下になると次第に粘性を増し曲線は傾斜を示し、各々含有する成分の種類及びその分量によつてその程度を異にして居る。初晶析出温度が高い程概して粘性は急激に増して居るやうである。初晶析出點(アルミニウムは凝固點)になると粘性は垂直的に増加し遂に測定が出来なくなる。

第 15 圖 アルミニウムの流動性 (齊藤、林)



齊藤林兩氏の流動性實驗に於ても著者の得た結果と一致した曲線を得て居るのであつて第 15 圖に示す如く 760° 迄は

流動性が増し760°~850°は水平を示して居る。アルミニウム及び軽合金が何れも765°に於て粘性の變化を持つことはその特徴とする所であつて銅合金及び鑄鐵に於ては見られない。

アルミニウムに對する各成分の影響を見るに銅、銅と亜鉛、銅とニッケル、銅とニッケル及びマグネシウムは何れも粘性を増す。亜鉛は測定結果では純アルミニウムより増して居るのであるがその含有量が甚だ多くその密度が大である。固體に於て亜鉛28.95%を含むものはその比重が3.24であつてアルミニウムは2.67であるから第2圖Aの比重の影響の補正曲線から推察すると實際に於ては粘性が小であることが知られる。

正確な結果は熔融合金の比重の測定によらなければ決定が出来ないのであるが大體の傾向を知ることが出来る。

珪素は粘性を大ならしめる。これもアルミニウム珪素合金の方が純アルミニウムより比重が小である爲にその影響も多少あるであらうが、比重の差が少ないのでその補正を行つても矢張り粘性は純アルミニウムよりも小になる。

第3節 熔融銅合金の粘性測定結果 使用材料

は、銅、錫、亜鉛は大阪三菱製電解のもの、アルミニウムはアメリカ、アルミニウム會社製99.8%其他市販品

測定結果は第13—25表及び第16—19圖に示す。

第13表 アルミニウム青銅 アルミニウム10.90%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,050	1,0556	1,053	7072	1,185	6694
"	8165	1,079	6960	1,189	6644
"	7443	1,107	6877		
"	7284	1,115	6877		

第14表 アルミニウム青銅

アルミニウム11.04% 燐0.0067%(裝入量燐0.05%)

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,050	1,1286	1,057	6834	1,108	6593
"	7331	1,063	6025	1,137	6423
"	7253	1,064	6747	1,178	6265
"	7084	1,075	6671	1,183	6285
1,053	6855	1,086	6629		

第15表 アルミニウム青銅

アルミニウム10.64% 燐0.270%(裝入量燐0.3%)

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,023	7786	1,035	6475	1,079	6296
"	6983	1,036	6426	1,097	6204
1,024	6721	1,048	6386	1,114	6196
1,030	6485	1,070	6311	"	6156

第16表 アルミニウム青銅

アルミニウム9.95% 燐0.448%(裝入量燐0.5%)

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,009	1,0819	1,017	6270	1,063	6118
1,010	8305	1,024	6250	1,118	6024
1,011	6743	1,026	6250		
1,012	6303	1,049	6229		

第17表 青銅 錫9.73%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,017	7501	1,052	5023	1,083	4960
1,019	6106	1,062	4984	1,102	4919
1,028	5125	1,067	5025	1,157	4719
1,042	5123	1,073	5001	1,162	4713
1,047	5050	1,076	4967		

第18表 燐青銅

錫9.38% 燐0.012%(裝入量燐0.3%)

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,018	8019	1,028	4935	1,090	4587
1,019	6963	1,057	4721	1,112	4539
1,024	5122	1,079	4671	1,119	4481

第19表 鉛を含む青銅

錫8.95% 鉛4.81% 燐痕跡

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
983	9918	991	5345	1,040	5204
984	8032	993	5363	1,089	5076
"	7572	1,000	5327	1,097	5035
985	7213	1,002	5311	1,128	5003
986	5327	1,013	5286	1,151	4909
987	5344	1,025	5245		

第20表 砲金 錫9.41% 亞鉛1.91%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,012	8900	1,020	5189	1,135	4878
1,013	6123	1,053	5066	1,142	4893
1,014	5373	1,063	5084	1,152	4738
"	5348	1,068	4975	1,195	4627
1,017	5265	1,074	5057		

第 21 表 磷を加へたる砲金

錫 8.94% 亞鉛 1.76% 磷 0.0065% (裝入量磷 0.3%)

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1,011	1,106r	1,023	4824	1,063	4750
1,013	8467	1,029	483r	1,096	4635
1,016	6307	1,041	4199	1,121	4504
1,017	5159	1,051	4815		

第 22 表 鉛を含む砲金

錫 8.83% 亞鉛 1.45% 鉛 4.52% 磷痕跡

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
973	9034	982	5409	1,012	5349
975	8032	985	5392	1,042	5230
976	7401	990	5420	1,047	5213
977	7154	992	5409	1,073	5184
978	6393	1,006	5342	1,124	5008

第 23 表 3:7 眞鍮 亞鉛 28.55%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
967	1,5737	976	6516	1,003	6414
"	8724	989	6530	1,038	6393
968	6617	995	6475		

第 24 表 4:6 眞鍮 亞鉛 37.68%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
903	9934	915	5491	967	5252
904	7319	922	5349	978	5162
905	6188	925	5344		
906	5737	938	5293		

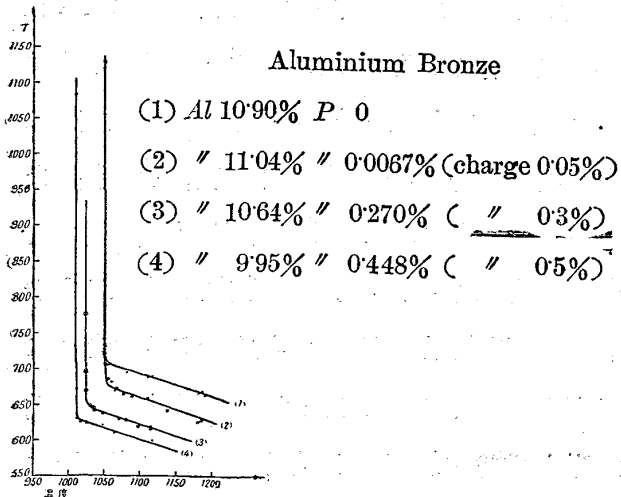
第 25 表 滿 俺 青 銅

アルミニウム 0.101% 錫 0.817%

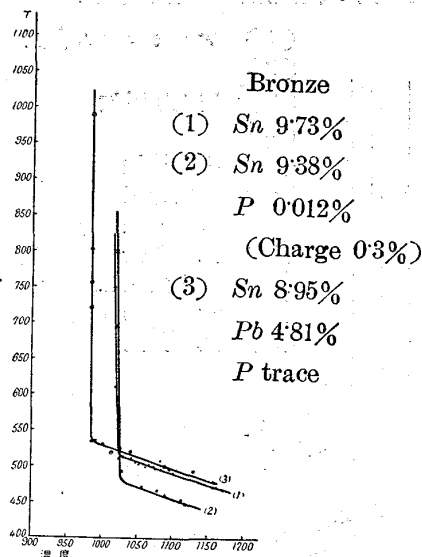
滿俺 0.035% 亞鉛 39.12% 鐵 0.852%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
902	9388	921	6356	985	6151
906	7093	926	6303	1,018	6043
907	6684	952	6208	1,025	5979
915	6396	963	6172		

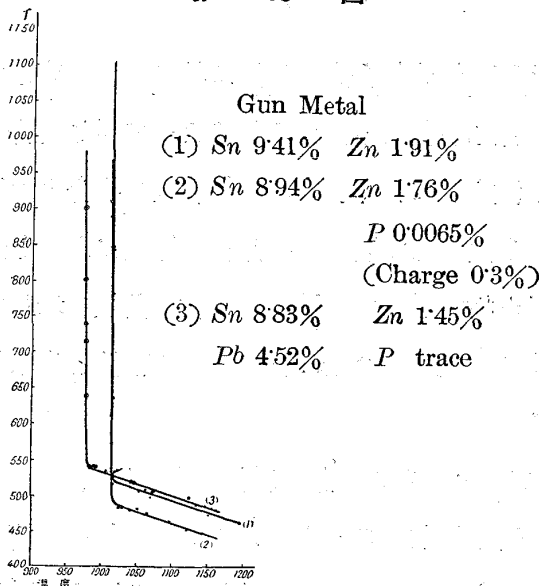
第 16 圖



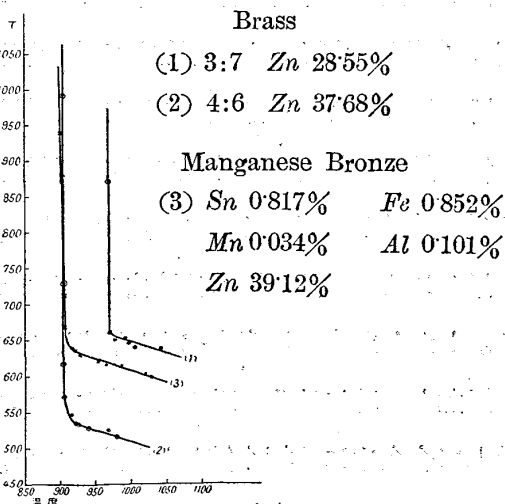
第 17 圖



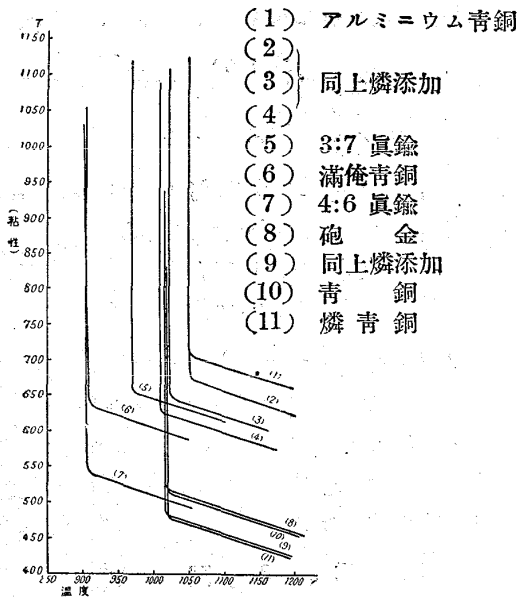
第 18 圖



第 19 圖



第 20 圖 熔融銅合金粘性一覽圖



第 4 節 熔融銅合金の粘性に就て 含有成分の如何に係らず何れも温度上昇によつて同じ割合で粘性が減少して行く、これは輕合金の場合と大にその趣を異にして居る。初晶析出温度になると急に粘性が増し遂に垂直線に近い粘性曲線を示して凝固する。次に各合金に付て別々に粘性を吟味して見る。

1. アルミニウム青銅は粘性が非常に大である、しかし磷を添加することによつて可なりその粘性が改善せられるのであつて僅か 0.05% の磷(10% 磷銅を用ふ)を加へてもその効果の著しいものがある。更に 0.3%、0.5% の磷を附加してその影響を見た。磷の添加による初晶温度の降下及び粘性改善の有様は鑄鐵の場合とよく似て居る。粘性が大である爲に鑄造が困難とせられて居つた此の合金も磷の添加によつてその困難は除去せられることとなる。しかし此處に注意すべきは青銅、砲金等に磷を添加した時にはその殆んど全部に近いものが燃焼して合金中には極く僅かしか残らない。之に反してアルミニウム青銅に於ては磷はその殆

んど全部が合金中に入るのであつて裝入量 0.3% で 0.270%、0.5% で 0.448% 残つて居る。此の磷が製品の機械的性質に如何に影響するかと云ふことは興味ある問題であつて此れによつて磷添加の量或はその可否が決定せられることになる。

2. 青銅は粘性が小である、これに磷を加へて脱酸せしめると一層良好な結果を得ることは周知の事實であつて實驗結果もよくこれと一致して居る。次に 5% の鉛を添加した場合を見るに粘性は少し増したことになつて居る、しかしその比重を考へるに鉛を加へた爲に幾分か増して居る、その程度は熔融合金の密度を測定しなければ判らないのであるが、今参考の爲に固體に於ける密度を測定すると鉛添加前が 8.43 で添加後が 8.50 であつて液體の密度による補正曲線(第 2 圖 B)を見ると密度が僅かの差も測定結果には可なり大きな影響を與ふることを知るのであるが、今密度が 0.07 の差もよく鉛附加前後の測定結果の差程度になるのであつて實際に於ては鉛を附加したが爲に粘性には殆んど變化を及ぼさないことになる。粘性が殆んど同じであつて密度が大になると云ふことは湯の流れがよくなることになり、初晶析出點が 5% の鉛を添加した爲に約 50°C 下降したこと、相待つて益々鑄造は改善せられたことになる。

3. 青銅に 2% の亞鉛を加へたものは極僅かに粘性が増して居る。亞鉛は青銅の粘性を改善しないのであつて齋藤、林兩氏の流動性實驗に於ても同様の結果を得て居る。磷は粘性を小ならしむる、鉛は測定結果には粘性を増したことになつて居るが青銅に於ける如く比重の関係より實際は粘性は殆んど變らず、比重の増加、初晶温度降下によつて鑄造性を改善するものと思はれる。

4. 3:7 眞鍮の粘性は大であるが4:6になると遙かに良好になる。後者に滿俺、錫、鐵、アルミニウムを加へた滿俺青銅はそれらの不純物の爲に粘性が増し初晶析出温度も少く上昇して居る。

5. 第20圖は熔融銅合金粘性一覽圖であつて、アルミニウム青銅が一番粘性が大で燐青銅が一番小さく、他の合金は此等の中間に位して居ることがわかる。

第4章 輕合金の改良と粘性との關係

第1節 輕合金シルミンの改良 測定結果は第26、27表及び第21圖に示す。同圖に於て(1)は珪素12.77%、合金の正規の場合の粘性曲線であつて(2)はこれを改良したものである。その改良方法を述べると、弗化ナトリウム2と食鹽1よりなる改良劑で熔融合金を約5mmの厚さに覆ひ石棉板で蓋をなし900°Cで約5分間保ち、蓋を取ると850°C位で表面の改良劑が凝固する、直ちに此れを綺麗に取除き豫熱せる廻轉圓筒を入れて測定を始める。電氣爐は電流を絶ち成るべく早く冷却せしめるのであるが測定に約1時間を要する。改良を行つて後に永く高温度に保つことゝ攪拌することはナトリウムを揮散せしむることゝなり、改良の効果を減殺するものとしてシルミンの改良に於ては最も禁ぜられて居ることである。改良後數分にして鑄造を行ふ實地作業とは可なり状態が異つて居るのであるが、改良と粘性との關係は窺知することが出来ると思はれる。(2)はかくして得た結果であつて粘性は増し765°Cにあつた折點は705°Cに移動して居る。

(3)は(2)合金の凝固後再熔融し(2)と同じ操作を繰返して再び改良を行つたもので改良は一層完全に行はれて居ると見るべきである。粘性は増し

705°Cにあつた折點は更に610°Cに押遣られて居る。以上の結果から次の事柄を推知する事が出来る。

改良を施すと或一部分の人々が考へて居るのは反對に粘性を増す。(これはアルミニウム-珪素合金にナトリウムを加へて改良を行ふ時に棒で攪拌するのであるが、此の時手筈によつて粘性の増したことを明に知ることが出来る。)

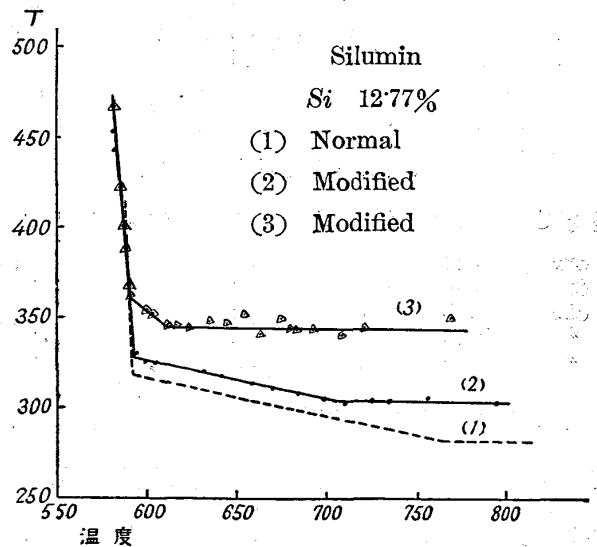
第26表 シルミン 珪素 12.77%
(弗化曹達 2+食鹽 1) て一回改良

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
578	4666	658	3147	726	3032
580	4534	670	3114	736	3042
590	3453	678	3080	756	3052
605	3256	698	3028	790	3042
630	3190	710	3008	795	3044

第27表 シルミン 珪素 12.77%
(弗化曹達 2+食鹽 1) て2回改良

温度°C	T	温度°C	T	温度°C	T
582	4672	610	3442	693	3442
585	4221	617	3455	708	3398
587	4098	625	3442	718	3359
589	3894	636	3475	722	3442
590	3688	645	3469	769	3505
596	3606	663	3401	792	3577
600	3531	680	3442		
603	3524	683	3431		

第21圖



改良を行ふと765°Cに於ける折點が低温度の方へ移動する、改良が完全に行はれる程その温度の低下が著しくなる。永く高温度に保つことゝ絶え

す攪拌することによつて (2) では 705° で (3) では 610° で改良の効果を失ひ正規の状態に復したものであると思はれる。實地作業の如く速に冷却せしむる時には此の折點は恐らく初晶析出點の直前迄來て居るのではないかと推察される。

第2節 アルミニウム及びアルミニウム銅合金の改良 アルミニウム珪素合金のみに止まらず純アルミニウム及びアルミニウム銅合金に就ても改良を行ひその粘性を測定した。アルミニウムがナトリウムによつて改良せられることは篠田氏がX線分析によつて明にせられ、アルミニウム銅合金に就ては Gwyer and Phillips 兩氏が發表して居られる。著者等の實驗はアルミニウム珪素合金の場合と同じく弗化ナトリウム及び食鹽を以て改良を行つたのであつてその結果は第 28、29 表及び第 22、23 圖に示す。

第 28 表 アルミニウムの改良
(弗化曹達 2+食鹽 1) で改良

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
662	3427	680	3015	740	3032
663	3118	697	3063	760	3060
664	2964	710	3046	788	3114
670	2964	723	3048	800	3114

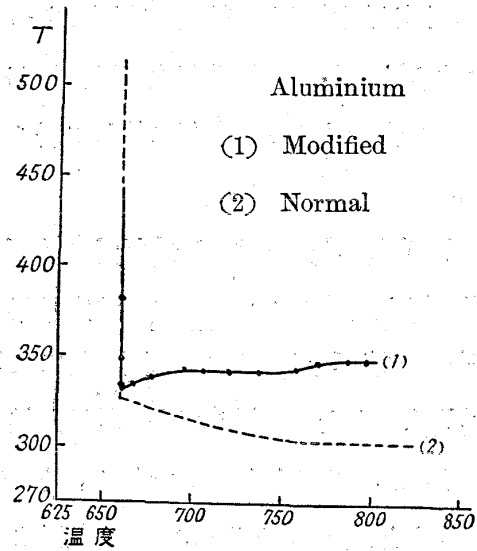
第 29 表 アルミニウム銅合金の改良 銅 8.48%
(弗化曹達 2+食鹽 1) で改良

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
632	6340	640	2950	743	3073
633	3648	653	3032	766	3073
635	3278	680	3032	780	3114
"	3196	702	3032	806	3114
"	2991	720	3032	820	3114

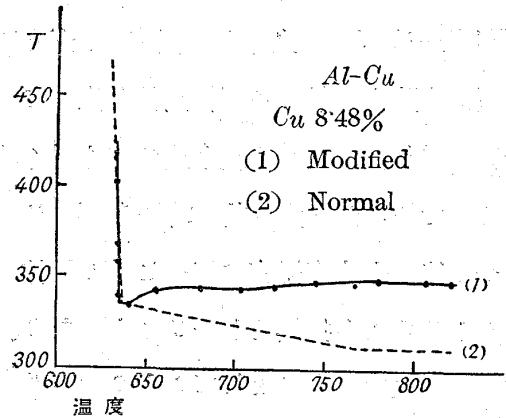
何れも改良によつて粘性は増すが冷却されるに従つて次第に粘性が減じ遂に正規に復したかの觀がある。シルミンに於ける 765° の移動は見られず 765° から粘性が減じ次第に正規に復歸するやうに思はれる。これは珪素がナトリウムを吸収する性質がある爲にシルミンでは比較的永く改良状

態を保つが、銅、アルミニウムには此の性質が無い爲に攪拌及び徐冷却によつてナトリウムを速に失ひ正規に復するのではないかと推察される。

第 22 圖



第 23 圖



第3節 輕合金の改良と765°Cの變化との關係

改良の機構に就ては從來多くの人々によつて種々の説が稱へられて居るが未だその學説は一定して居ない。即ち脫酸作用 (Guillet)³⁵⁾、三元共晶 (Curran)³⁶⁾、三元偏晶 (大谷)³⁷⁾、過冷却 (Archer and Kempf)³⁸⁾、Protective Colloid (Gwyer)³⁹⁾、固溶體 (Czochralski)⁴⁰⁾ 等あるが何れも凝固する際のみの變化に歸したものであるが著者等の實驗により

765°C の變化と大に關係があることが判る。

ナトリウムで改良を行ふ場合に⁴¹⁾ 熔融合金の⁴²⁾ 温度は Archer and Kempf 氏は 770°, Grogan 氏は 760° を選んで居るがナトリウムの熔融温度は 97.5° の低温度であるからナトリウムを擴散せしむる爲のみであれば、ナトリウムを直ちに燃焼せしむる如きかゝる高温度を必要としないであらう。しかし此れよりも改良温度が下る程改良が不完全になる點を考へると 765° の變化と何等かの關係があるのではないかと思はれる。又弗化ナトリウムと食鹽とで改良を行ふ時にその温度は Grogan 氏は 900°, Archer and Kempf 氏は 927° を適當として居るのであるが此の方法によるとナトリウムを用ひた時よりも常に一定の良成績を得て居る。ナトリウムの時には少し操業方法を誤ると悪い結果に陥り易いと云はれて居るがこれはナトリウムが燃えて無くなることの外に温度降下等の爲に 765° の變化を充分轉移せしむることが出来なかつた爲ではないかと思はれる。

765° の變化を改良によつて移動するのは單に粘性のみではなく後述の電氣抵抗の測定にも表はれて來る。ナトリウムで改良せられたシルミンの熱分析は多くの人々によつて行はれたのであるが、改良の爲に初晶析出温度が下降せられ、その程度が 15° に及ぶものがある。これは改良によつて 765° の變化が低温度に移動させられ、この變化と初晶析出迄の範圍が著しく狭められることとなり、正規の場合に 765° から初晶析出點迄に行つた變化をこの狭められた範圍内で行はねばならない、従つて止むを得ず初晶析出が遅れて過冷却の現象を示すのではないかと推察せられる。又同じ合金でも過冷温度の割合が改良の良否 冷却速

度の遲速によつて異なる點を考へると以上の事實が一層よく首肯出来る次第である。

第3編 アルミニウム及び輕合金の 765°C 及び 855°C に於ける變化に 就て

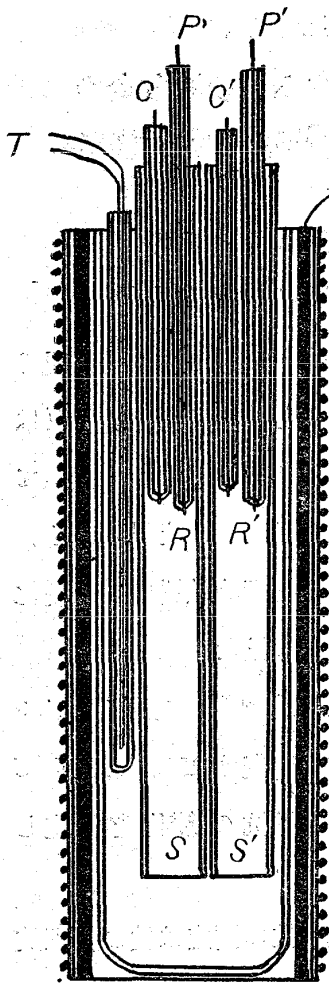
第1章 アルミニウム及び輕 合金の 765° に於ける變化

アルミニウム及び輕合金の粘性温度曲線を見ると總て 765°C に於て折點を持つて居る。此れは銅合金及び鑄鐵に於ては見られないものであつてアルミニウム特有の性質ではないかと思はれる。著者等は此温度に於て他の物理的性質に此の變化が現はれるや否やを試験して見た。

第1節 電氣抵抗測定 熔融状態に於けるアルミニウム及び輕合金の粘性に表はれて來る 765°C の變化を確かむる爲に電氣抵抗の變化を測定した。

熔融金屬に於ける電氣抵抗の測定は他の物理的諸性質の測定に比し可なり容易に行はれるので従來割合に多くの人々に⁴³⁾ 實驗せられて居る。就中アルミニウムの測定を行つた人々には E. F. Northrup⁴⁴⁾ 氏、堤秀夫⁴⁵⁾ 氏、松山芳治⁴⁶⁾ 氏等あるが何れも測定點が少く且圖示の尺度が甚だ小さい爲めに 765° に於ける變化を見ることが出来ないので著者は更めてアルミニウム及び二三の輕合金に就て測定を行つた。装置は第 24 圖に示す。直徑 3 cm、長さ 12 cm の磁製タンマン管中に内徑 8 mm の珪石管 S, S' があつてその中に磁製管で絶縁された各々 2 本の導線 C, C' 及び P, P' が有り前者は電源に後者は電位差計につながつて居る。此等の導線は輕合金の時は白金線をアルミニウムの時は白金線が侵されるのでピアノ線(鐵線)を用ひた。

第 24 圖



珪石管、磁製管、タンマン管等は全部アランダムセメントを塗布し金属に侵されるのを防いだ。

珪石管の下端 S, S' とタンマン管の底との距離は 15mm としたので此の部分に於ける電気抵抗は極めて小さいものと考へてよく従つて測定するのは R S, 及び R' S' 間の珪石管中の熔融金属の電気抵抗と見做して差支えない。勿

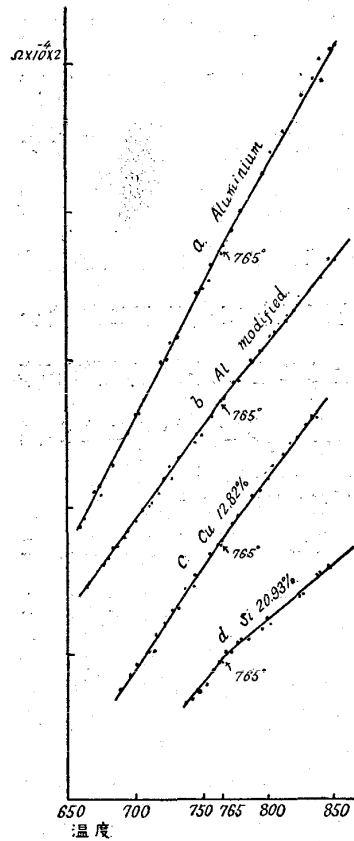
論正確な絶対値を得んとするには松山芳治氏の用ひられた 1 本の珪石管中の抵抗を測定する方法を先づ擧げなければならぬが著者等の場合の如く單に變化の有無を検すれば足りる時には此の方が 1 本の珪石管を用ふる時よりも構造が簡單であり且測定する距離が 2 倍になり電気抵抗の變化も大きく現れる利益がある。N はニツケル板を卷いた筒で其外側にあるのはニクローム線電気爐、T は白金、白金ロヂウムの熱電偶である。ポテンシオメーターは Leeds and Northrup Co. 製、標準電池は Weston Electrical Instrument Co. 製の Weston Standard Cell, 電流計は同社製で最高 5 アンペアのものを使用し、電流は炭素板抵抗器及

び摺動抵抗器の二つで加減した。電源の蓄電池は 1 アンペアを流す時は 4 ボルトを、2 アンペアの時は 6 ボルトを用ひた。

實驗材料はアルミニウム純度 99.8%, 珪素純度 98%, 銅は電解銅を使用した。

實驗結果は第 25, 26 圖に示す。アルミニウムは極めて僅かではあるが 765°C に於て傾斜を變へて居る。6 回測定を行つたが何れも此の變化を示した。

第 25 圖



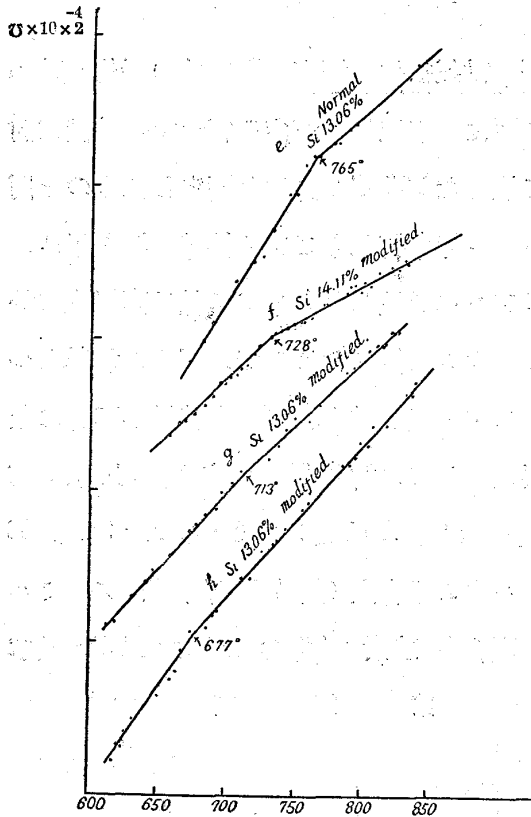
c のアルミニウム銅合金(銅 12.82%), d 及び e のアルミニウム珪素合金(珪素 20.93% 及び 13.06%)に於ても 765° の變化は明に表はされて居る。

b, f, g, h は何れも改良を施したのであつて、先づ試料を黒鉛坩堝に入れて電気爐で熔かし弗化ナトリウムと食鹽を用ひて改

良を行ひ手早くタンマン管に入れて各接續を行ひ測定を行つた。

アルミニウムを一度改良して測定したが何等正規の場合と變らなかつたので熔融アルミニウムをタンマン管から坩堝に取出し再び改良を施して測定をした、b は此結果を示し、765° の變化點は少しも移動しなかつた。

第 26 圖



シリミンの場合には f (珪素 14.11%) は 728°C に g (珪素 13.06%) は 713°C 變化點の移動を示し g を更に繰返して改良を施した h では 677° 迄下降を示して居る。

シリミンは改良によつて 765°C の變化が低溫度に移動させられたものであると云ふことが粘性及び電気抵抗の測定から確かめられた譯である。

第2節 熱分析 アルミニウム及び其合金が 765° に於てその状態に變化を生ずとすれば必ず熱の吸収或は發生を伴はなければならない。之を確かむる爲に熱分析を行つた。熱効果はあつても極めて小さいものに過ぎないと思はれるので、示差法 (Differential Method) を用ひ、微量の熱變化も出来るだけ明かに測定し得るやう工夫した。

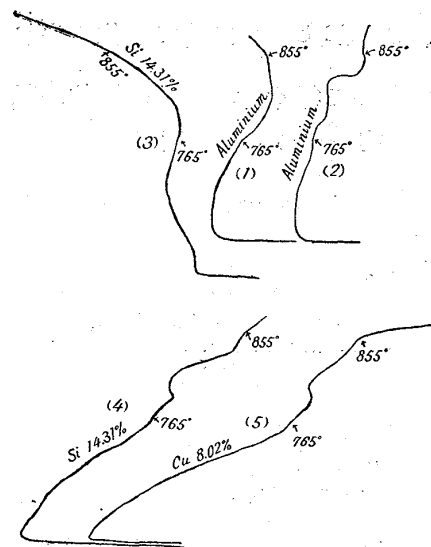
直徑 3 cm、長さ 12 cm の磁製タンマン管にアラバムセメントを塗布したものの 2 本を用ひ、一

方には中性體としてニッケル粒を満たし、他方には熔融金屬約 120 瓦を入れる。溫度の分布を一樣にする爲にニクロム線電氣爐の中に (5 番黒鉛坩堝) を入れ、その中に 2 本のタンマン管を並べ、間隙は全部アスベストウールで満たした。

示差熱電偶 (Differential Couple) はアルメル、クロメルを用ひ、抵抗を用ひずして懸垂電位計につないだ。

測定結果は第 27 圖に示す。(1) はアルミニウムを普通の冷却速度で (2) は極く遅く 1° を 3 分間位の割合で冷却したもの、(3) は珪素 14.31% のものを普通の速度で、(4) はこれを極く遅く冷却して測定したもの (5) は銅 8.02% の合金を同じく遅く冷却して得たものである。

第 27 圖



何れの場合を見るも 765° で極わずかに發熱らしき現象を見それから吸熱に移り、初晶析出溫度になつて著しい發熱を見る。

20 數回の實驗に於て何れも 765°C に於て熱の變化を認めた。

765° の外に更に 855°C に於ても變化のあることを發見した、普通冷却速度では (1) 及び (3) の如く吸熱であるが緩徐に冷却して測定した (2) (4) (5) を見る時は 855° に於て僅かに發熱しそれから吸熱に移つて居ることが判る。

第2章 アルミニウム及び輕合金

に於ける 855°C の變化に就て

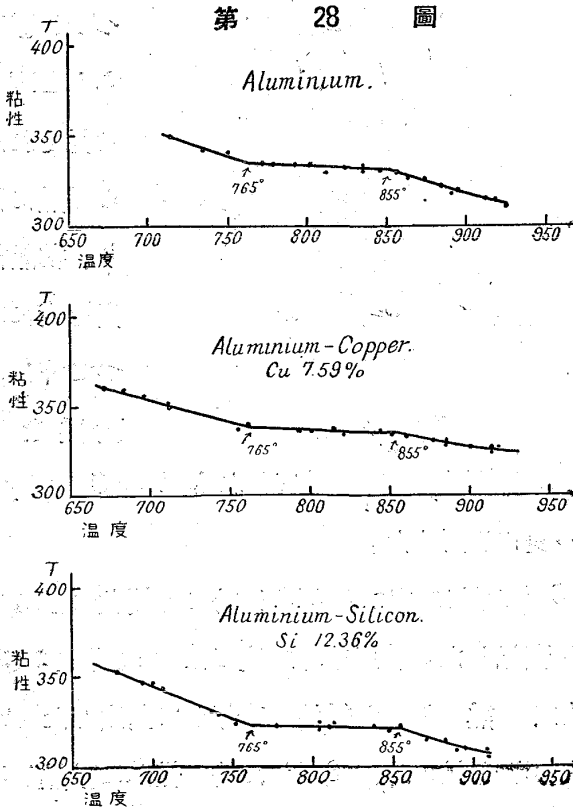
第1節 粘性の測定 熱分析に表はれた 855°C

の變化を確かむる爲に粘性の測定を行つた。

ニクローム線電氣爐中に5番黒鉛坩堝を入れ熔融金屬は約1kgを用ひ、耐火粘土製廻轉圓筒を使用した。廻轉圓筒の大きさは直径45mm、高さ50mmで第5圖C型である。

酸化物の成生を防ぐ爲に20メツシュの木炭粉で表面を覆ひ更に測定直前毎に酸化物を除去した。

第28圖は測定結果を示し、Aは純アルミニウム(99.8%のもの)、Bはアルミニウム銅合金(銅7.59%)、Cはアルミニウム珪素合金(珪素12.36%)であるが何れも765°からは粘性が餘り減ぜず殆んど水平に近く、これが855°に於て變化を生じ次第に粘性が小になつて行く。855°Cの變化は熱

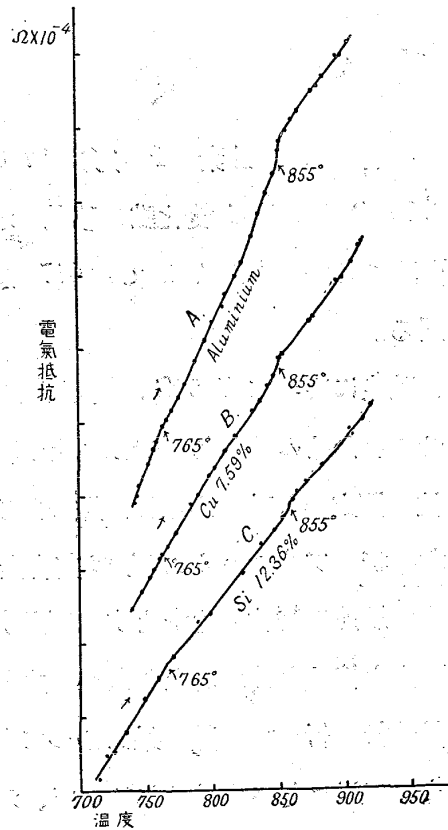


第28圖

分析のみではなく粘性に於ても現はれて居るのである。

第2節 電氣抵抗の測定 855°Cの變化を確かむる爲に更に電氣抵抗の測定を行つた。装置は前章に於て述べた765°Cの變化を測定したものと同じである。導線は何れもピアノ線(鐵線)を用ひ、電流は2アンペア流した。ピアノ線は高溫度に於てアルミニウムに侵されるので、測定は加熱しつゝ行ひ、ピアノ線が侵されて測定結果が不整になるのを限度として、約930°C程度で打切つた。第29圖は是を示し、Aは純アルミニウム(99.8%)Bはアルミニウム銅合金(銅7.59%)、Cはアルミニウム珪素合金(珪素12.36%)であつて765°及び

第29圖



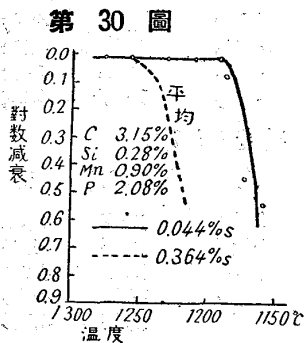
855°Cに於て明に變化あることを示して居る。

第4編 熔融鑄鐵の粘性測定

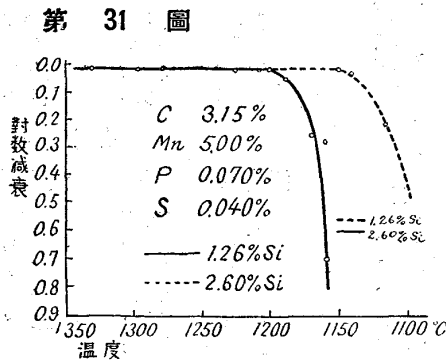
第1章 歴史

鑄物に一番多く使用せられる金屬は鑄鐵である、故に熔融金屬の粘性或は流動性の研究中鑄鐵に關するものが最も緊要であると云はねばならない。然るに鑄鐵はその熔融温度が高いので、酸化物の成生が激しく、又測定用具が侵され易い等の爲にその測定は非常に困難であつて、今迄發表せられたものとしては僅に P. Oberhoffer 氏の研究室より出たものがあるに過ぎない。

P. Oberhoffer 及び A. Wimmer 氏は振動法により各不純物が鉄鐵の粘性に如何なる影響を與ふるかを研究し、炭素、磷は粘性を増し、硫化鐵はこれを減じ、珪素滿俺に付ては酸化膜の爲にまとまつた結果を得られなかつたと報ぜられて居る。第 30, 31 圖はその 1, 2, を示す。後に A. Wimmer 及び Thielman 氏はその改良装置により炭素の影響を調べ、これは鉄鐵の粘性を小ならしむることを確かめられた。



第 30 圖
硫黄の影響
(Oberhoffer and Wimmer)



第 31 圖
珪素の影響
(Oberhoffer and Wimmer)

振動法はその装置を一つの函の中に收め窒素瓦斯を通じて全く空氣を遮斷して測定を行ふのであつて酸化を受くることは可なりよく防がるゝも、熔融鐵の酸素に對する結合力が甚だ強い爲に、眼に見えない程度の薄い酸化膜の形成は防止し得ないことゝ思はれる。極微量の薄い酸化膜も振動法に於ては大きな影響を受けるのでそれが爲に餘り

好結果を得られなかつたのであらう。要するに振動法は高温度に於ける熔融金屬の粘性測定に不適當であると考へられる。

第 2 章 實驗方法及材料

第 1 節 實驗装置及實驗方法 磷及硫黄の影響

測定には舊装置を用ひ、珪素、滿俺、炭素の影響測定には改良せられた新装置を使用した。何れの場合にも酸化を防ぐ爲に窒素瓦斯を通じ、測定の前直前に炭素棒を用ひて表面の酸化薄膜を除くことは前述の輕合金、銅合金の場合と同様である。

装置及實驗方法は前に述べたので此處では省略する。

第 2 節 使用材料 鉄鐵、(鞍山、輪西、兼二浦、クリーブランド等) 鋼屑、フェロマンガ (Mn 76.8%)、珪素(純度 98%)、硫黄 (メルク製)、赤磷 (市販品)、

磷、硫黄、滿俺、珪素の各群の試料は鉄鐵及鋼屑を適宜成分に配合したるもの約 35kg

を 40 番黒鉛坩堝に入れ重油爐でこれを溶かし、それを汲出して 4 番黒鉛坩堝に鑄造し約 3kg の錠塊を數個を造る。同時に約 10kg の同じ湯に赤磷、或は硫黄、フェロマンガ、珪素等を加へて各々必要な母合金を造る。この母合金と約 3kg

の鑄鐵塊とを用ひ約 3.5 kg として粘性を測定する。

炭素の影響に付ては炭素を加へて母合金を造ることが出來ないので炭素多きものと少きものと 2 種の鉄鐵に鋼屑、フェロマンガ、珪素、磷鐵を加へて兩者の不純物の量を殆んど同じくした鑄鐵約 20 kg づゝを造り之等を適宜配合して炭素のみ異り他成分は餘り違はない所要の試料を造つた。

第3章 實驗結果

第1節 熔融鑄鐵の粘性測定結果 粘性測定結

果は第30—62表及第32—36圖に示す。

第30表

炭素3.43% 珪素1.91% 滿庵0.43% 硫黃0.02% 磷0.036%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1220	10864	1231	6551	1284	5606
1223	8512	1232	6239	1296	5596
1225	7233	1252	5679	1301	5596
1229	7111	1263	5662		

第32表 磷0.301%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1193	10572	1220	5689	1270	5176
1203	9608	1225	5532	1320	4994
1208	9113	1243	5187	1330	4994
1213	6720	1252	5196	1331	4977
1218	6440	"	5187		

第31表 磷0.065%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1218	7435	1232	5524	1292	5325
1219	6373	1237	5495	1322	5206
1224	6098	1247	5449	1334	5188
1226	5859	1258	5412	1343	5170
1223	5694	1267	5412		

第34表 磷0.658%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1193	10521	1219	4939	1296	4688
1196	7596	1232	4901	1223	4611
1198	6234	1273	4300	1328	4635
1202	5677	1285	4752	1336	4622
1207	5159	1291	4732		

第33表 磷0.361%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1195	8852	1207	6535	1236	5122
1200	7950	1213	5327	1270	5041
1204	7664	1215	5345	1283	5020
1205	7295	1221	5245	1283	4983
1207	6578	1225	5147	1287	4983

第35表 磷1.023%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1164	10154	1208	4324	1278	4628
1170	8113	1231	4787	1302	4605
1171	7401	1246	4760	"	4590
1182	5153	1253	4707	1304	4590
1193	4912	1278	4353	1328	4537
1197	4873				

第36表 磷1.297%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1153	9958	1187	4732	1325	4375
1155	9338	1192	4725	1352	4312
1160	8000	1196	4708	1382	4229
1169	6661	1228	4646	1385	4238
1171	5578				

第37表 磷2.453%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1092	10197	1149	4528	1190	4455
1098	7041	1155	4545	1203	4372
1105	5702	1165	4485	1213	4358
1108	5190	1169	4523	1221	4375
1115	4793	1171	4462	1225	4365
1119	4661	"	4523	"	4345
1132	4605	1178	4496	1247	4283
1143	4605	1182	4462	1276	4225
1147	4523				

第38表

炭素3.64% 滿庵0.37% 磷0.18% 珪素1.32% 硫黃0.019%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1180	8614	1195	5022	1258	4737
1182	8292	1200	4912	1272	4721
1186	7504	1206	4884	1284	4674
1187	6647	1218	4864	1308	4616
1188	6093	1240	4810	1317	4587
1189	5695	1252	4741	1331	4532

第39表 硫黃0.055%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1180	8381	1203	4993	1268	4792
1181	7794	1214	4882	1286	4714
1187	6359	1218	4920	1302	4647
1189	6297	1230	4912	1331	4592
1192	—	1247	4875	1381	4410
1196	5070	1257	—	1383	4408
1198	4978				

第40表 硫黃0.091%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1188	6700	1202	5002	1293	4837
1189	6441	1226	4995	1306	4813
1192	5954	1229	4993	1346	4700
1196	5375	1276	4889	1357	4605

第41表 硫黃0.117%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1192	7868	1206	5151	1287	4952
1193	7504	1220	5118	1305	4886
1196	6565	1237	5067	1326	4809
1200	6390	1247	4936	1331	4820
1201	5673	1258	5010	1345	4726
1203	5276				

第42表 硫黃0.151%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1180	10614	1225	5163	1292	4924
1187	8762	1242	5089	1307	4898
1189	8268	1254	5031	1318	4854
1192	7034	1268	5031	1357	4756
1195	6079	1281	4940	1368	4728
1203	5204				

第43表 硫黃0.202%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1172	9371	1193	5474	1251	5124
1175	9210	1195	5305	1281	5028
1181	7809	1203	5243	1293	4995
1186	6689	1222	5230	1313	4896
1192	5552	1235	5160	1352	4830

第 44 表 硫黄 0.640%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1177	693o	1198	577z	1281	548z
1179	6483	1208	5727	1313	540o
1181	6093	1214	5673	1341	5323
1184	5913	1262	5553	1344	5308
1185	6206	1271	554z	1351	5277
1187	586z				

第 45 表

炭素 2.27% 滿俺 0.22% 磷 0.20% 硫黄 0.08% 珪素 0.113%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1292	8995	1304	640z	1352	6197
1297	8248	1321	632r		

第 46 表 珪素 0.28%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1286	8564	1302	6164	1363	591z
1288	8429	1316	607o	1377	584z
1291	801o	1317	605z	1387	5839
1292	781o	1334	6005	1402	5727
1295	7324	1351	5975		

第 47 表 珪素 0.60%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1271	9088	1320	6018	1380	5733
1291	6196	1351	5865	1410	5643
1309	6028	1363	5824	1422	5575

第 48 表 珪素 0.95%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1275	7828	1310	588z	1362	5687
1285	6305	1325	5878	1384	5568
1287	6218	1327	585o	1396	5527
1297	5997				

第 49 表 珪素 1.72%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1262	8247	1292	5936	1335	5726
1263	774z	1297	591o	1337	5684
1271	6448	1302	5848	1356	5667
1276	5978	1307	581o		

第 50 表 珪素 2.17%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1246	100o	1268	6037	1322	5694
1251	877r	1276	5909	1346	5546
1257	8093	1283	581r	1361	5516
1263	6694	1287	5777		

第 51 表

炭素 2.84% 珪素 1.52% 磷 0.17% 硫黄 0.10% 滿俺 0.58%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1243	10645	1248	6654	1310	5909
1245	7925	1255	6154	1330	5855

第 52 表 滿俺 1.06%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1240	10206	1252	6016	1300	5816
1241	927z	1262	5956	1320	577o
1242	7457	1286	5863	1336	5656
1245	6129				

第 53 表 滿俺 1.17%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1240	8235	1262	5885	1297	576o
1245	6855	1290	5805	1331	560o
1253	5959				

第 54 表 滿俺 1.65%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1234	10359	1252	5903	1287	5729
1239	7939	1267	5865	1306	567o
1245	6053	1277	5765	1317	5603

第 55 表 滿俺 1.82%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1233	684o	1272	574o	1326	5518
1237	5998	1287	569o	1347	5426
1253	5828	1297	5648	1363	539o

第 56 表 滿俺 2.44%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1228	7966	1269	5657	1310	550r
1238	590o	1272	5603	1321	5429
1258	5696	1287	5597		

第 57 表

炭素 1.95% 珪素 0.91% 滿俺 0.53 磷 0.17% 硫黄 0.16%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1277	6869	1302	5788	1368	5523
1279	660z	1321	5704	1379	5478
1287	586r	1350	5528		

第 58 表

炭素 2.36% 珪素 0.96% 滿俺 0.55% 磷 0.15% 硫黄 0.13%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1239	887r	1243	613z	1281	5658
1242	7865	1252	584z	1290	5656
1244	7007	1270	5724	1316	5498

第 59 表

炭素 2.85% 珪素 1.09% 滿俺 0.52% 磷 0.20% 硫黄 0.17%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1240	7809	1257	5789	1320	5497
1244	7365	1266	569o	1350	540o
1250	5918	1300	5573		

第 60 表

炭素 3.13% 珪素 1.10% 滿俺 0.51% 磷 0.26% 硫黄 0.16%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1229	806r	1276	5565	1333	5355
1232	7825	1290	5537	1340	5364
1243	573o	1303	5469	1352	528r

第 61 表

炭素 3.42% 珪素 1.15% 滿俺 0.53% 磷 0.21% 硫黄 0.12%

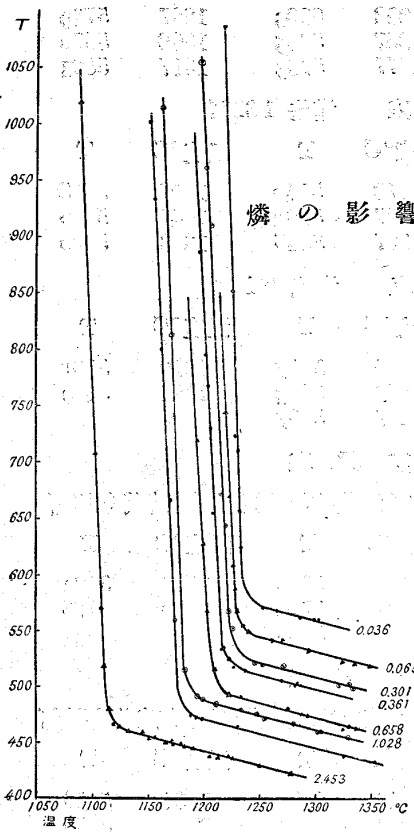
溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1210	11578	1238	5607	1330	5215
1213	8023	1266	547o	1340	5188
1218	629z	1300	5325		

第 62 表

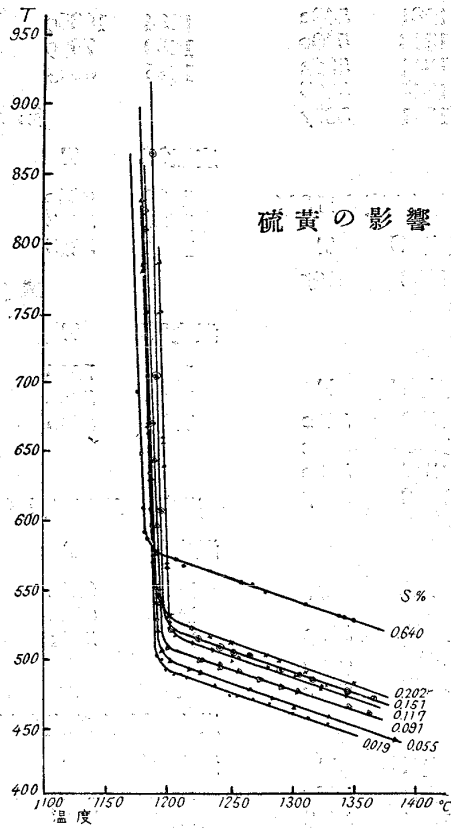
炭素 3.69% 珪素 1.33% 滿俺 0.51% 磷 0.22% 硫黄 0.14%

溫度°C	T	溫度°C	T	溫度°C	T
1170	7003	1222	536o	1283	5115
1175	592r	1224	535o	1314	501o
1185	559z	1238	5275	1345	4907
1193	547z	1258	5226		

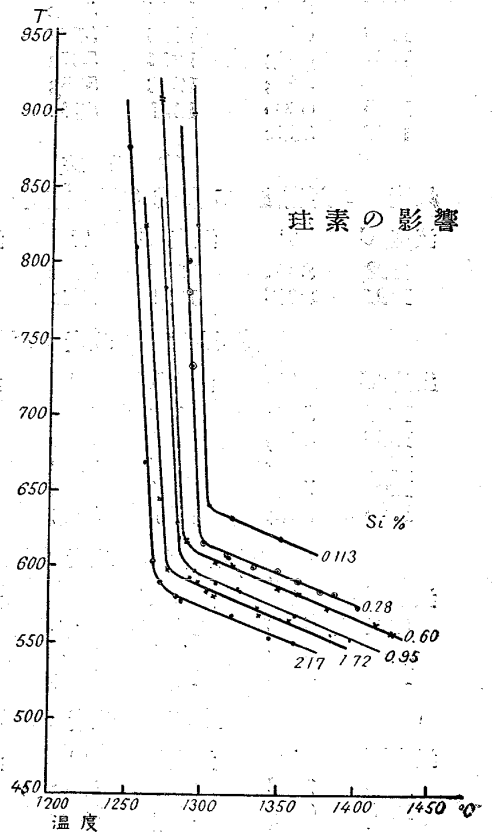
第 32 圖



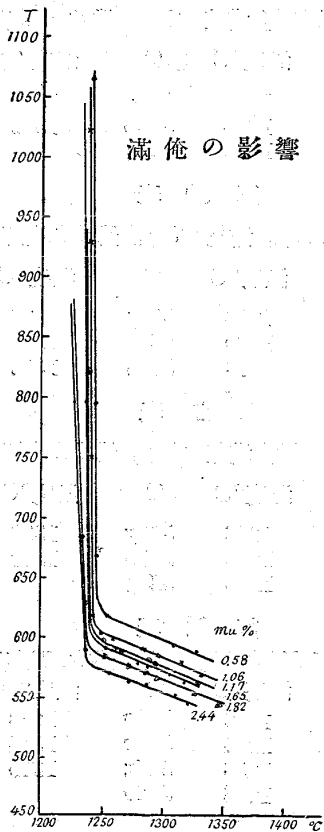
第 33 圖



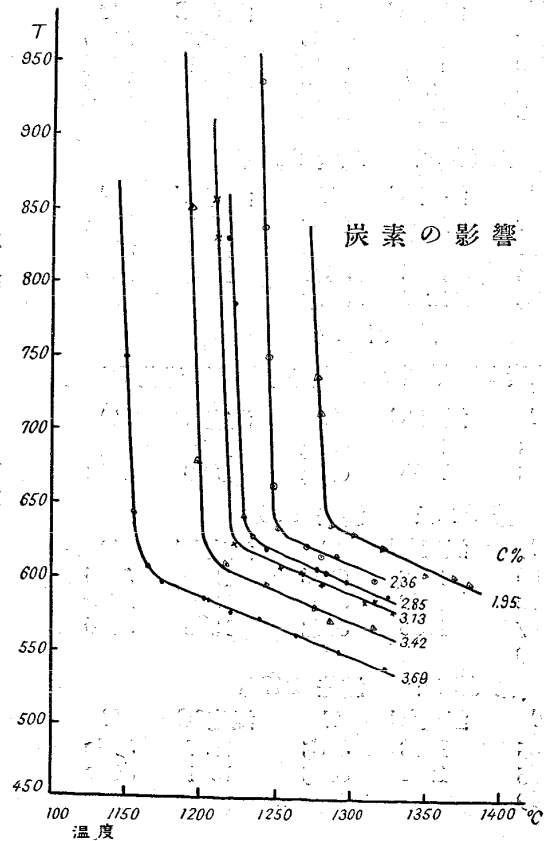
第 34 圖



第 35 圖



第 36 圖



第2節 不純物が初晶析出温度に於ける鑄鐵の粘性に及ぼす影響
 熔融鑄鐵の温度上昇による粘性減少の割合はその含有する成分及びその多少に無關係なることは前節第32—36圖によつて明である。鑄造を行ふ際に鑄造温度を熔解後一定の温度例へば 50°C 或は 70°C 過熱した温度を取る場合にその時の熔融鑄鐵の粘性は以上の關係より、初晶析出温度に於ける粘性を知ればよいことになる。

第37、38圖は不純物の量と初晶析出温度に於ける粘性との關係を示す曲線である。

磷 約0.5% 迄は粘性の減少著し、0.5~1.5% 可なりよく粘性を減ず、それ以上は磷の量の増すに従つて減ず。

硫黄 粘性を増す。特に約0.12% (これは滿俺の量に關係する)迄は粘性の増加が著しい。
 滿俺 粘性を減ず、約1.2% 迄はその程度が大きい。

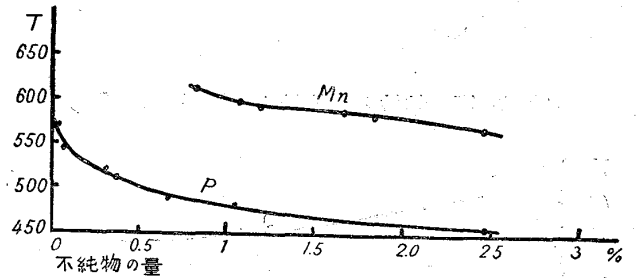
珪素 粘性を減ず、約0.6% 迄は粘性の減少甚だしい。

炭素 約3% 迄は粘性の減少の程度が小であるが3%以上になると著しくなる。

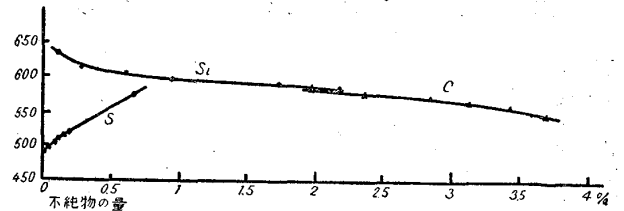
以上の結果から鑄鐵を熔融後一定温度過熱して鑄造を行ふ際に粘性が小で流れのよい湯を得るにはその成分は磷1%以上、滿俺1%以上、珪素0.7%以上、炭素3%以上で硫黄は出来るだけ少いやうに保つことが必要と云ふことになる、しかしこれは單に粘性のみの見地から論じたのであつて、實際に於ては成品の機械的性質、收縮度、氣泡、諸成分の析出の程度等に各不純物の量が及ぼす影響を考慮に入れなければならぬので、以上の數

値は唯々参考の爲に列擧したに過ぎない。

第37圖 不純物が初晶析出温度に於ける鑄鐵の粘性に及ぼす影響

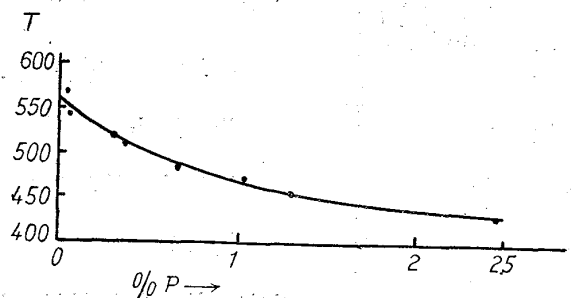


第38圖 不純物が初晶析出温度に於ける鑄鐵の粘性に及ぼす影響

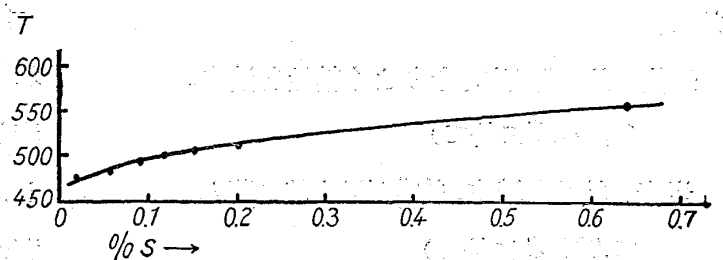


第3節 不純物が一定温度に於ける鑄鐵の粘性に及ぼす影響
 第39—43圖は鑄造温度を1,250°C、1,300°C 或は 1,350°C等一定の温度を撰んだ場合に各不純物の量と粘性との關係を示すものである

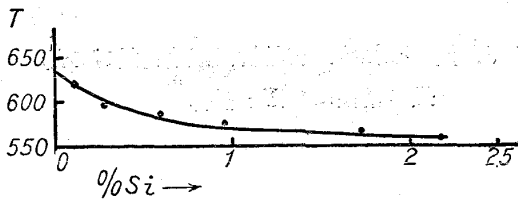
第39圖 粘性と磷量との關係(1,250°)



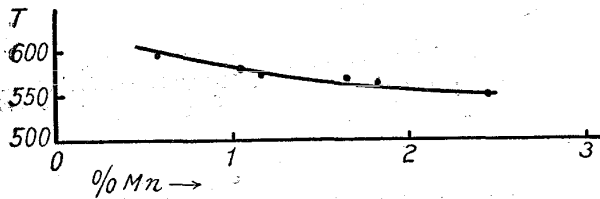
第40圖 粘性と硫黄量との關係(1,250°)



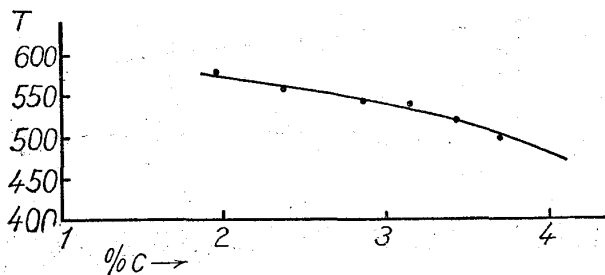
第 41 圖 粘性 と 珪素量 と の 關係 (1,350°C)



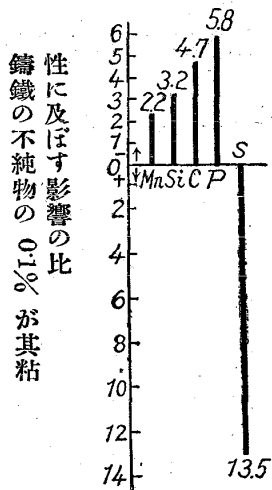
第 42 圖 粘性 と 滿俺量 と の 關係 (1,300°C)



第 43 圖 粘性 と 炭素量 と の 關係 (1,300°C)



第 44 圖 磷 1.3% 位迄は粘性の減少著しい。(1,250°Cに於て)



硫黄 約 0.12% 迄粘性の増加特に甚しく、それ以上も其量と共に増す。(1,250°Cに於て)

珪素 約 1% 迄粘性の減少著しい。(1,350°Cに於て)

滿俺 約 1.5% 迄可なりよく粘性を減ず。

(1,300°Cに於て)

炭素 粘性を減ず、約 3% 以上特に著し。

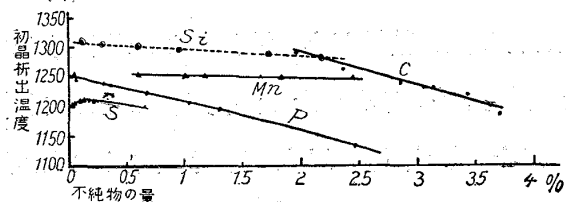
(1,300°Cに於て)

要するに前節に於て得た結果と殆んど等しい、磷、滿俺、珪素、炭素は粘性を減じ、硫黄は増す。

各不純物の一定量例へば 0.1% が鑄鐵の粘性に如何に影響するかを知ることは非常に興味深く且有益なことと思はれるので第 44 圖に之を示した。勿論各含有成分を異にして居るし、又滿俺、珪素、炭素に付ては新装置を用ひたのでその結果は嚴密に言へば比較し得ないかも知れないが、大體の傾向を知ることは出来ると思ふ。何れも 0.1% の影響であるから炭素が 3.2% であれば 32 倍になり硫黄が 0.06% であれば 0.6 倍したものに相當することとなる。

第 4 節 鑄鐵の初晶析出溫度と不純物の量との關係 平衡狀態圖の初晶溫度は普通熱分析によつて決定せられるのであるが、初晶が析出すると粘性が急に著しく増加するので粘性對溫度曲線から初晶溫度を決定することは極めて容易に行ふことが出来る。特に初晶が極く微量で熱分析によつて初晶溫度を決定し難い場合にも粘性の測定から好結果を得られることと思はれる。

第 45 圖 鑄鐵の初晶析出溫度と不純物の量との關係



第 45 圖は粘性對溫度曲線から求めた初晶線を示す。不純物の増加につれて初晶溫度の降下は炭素が一番甚だしく磷之に次ぐ、珪素は緩かに傾斜し、滿俺は極めて僅か溫度が下るに過ぎない。硫黄の場合には約 0.12% 迄は初晶溫度が上昇し、それ

以上硫黄が増すと下降する。曲線上に山を造るのは硫化鐵と硫化滿俺とよりなる複化合物が初晶として析出する爲で、硫黄が一定量以上増せば初晶溫度が降るのは硫化鐵が増す爲と思ふ。硫黄の0.12%は此鑄鐵の含有する滿俺の量0.37%の約1/3に相當するが此等の數値は更に實驗を重ねなければ確定的斷言することは出来ない。

總 括

1. 熔融金屬の粘性測定に圓筒廻轉法を採用した。
2. 圓筒廻轉法による粘性測定装置の性能を明かにした。
3. アルミニウム及び數種類の鑄造用輕合金の粘性を測定した。
4. 數種類の鑄造用銅合金の粘性を測定した。
5. アルミニウム及び輕合金には765°C及び855°Cに於て或變化の在ることを發見し、粘性、熱分析、電氣抵抗の測定によつてその存在を確實とした。それ等の變化が何に起因するかは今後の研究に待たなければならない。
6. 輕合金シルミンの改良は765°Cの變化に關係し、改良によつて此變化の起ることが妨げられ低溫度の方へ移動させらるゝことを知つた。
7. 鑄鐵に及ぼす各不純物の影響を確かめた。磷、炭素、珪素、滿俺は粘性を減じ硫黄は之を増す。
8. 鑄造用非鐵合金類の粘性測定は未だ其全部を盡して居ないから今後も續けて行ふ積である、又鑄鐵の粘性に對する諸元素の影響測定も炭素の量が1定せない憾があつたから今後高炭素、低炭素等の系統に分つて一層研究を續ける豫定で其準備を進めて居る。

文 獻

1) Arpi: Internationale z. Metallog. 5 (1914)

- 142-68
- 2) Pluess: z. anorg. allg. chem. 93 (1915) 1
 - 3) Sauerwald 及 Toepler: z. anorg. allg. chem. 157 (1926) 117
 - 4) Fawsitt: Proc. Roy. Soc., 80 (1908) 290
 - 5) Oberhoffer 及 Wimmer: St. u. Eisen 25 (1925) 122
 - 6) Wimmer 及 Thielman: St. u. Eisen (1927) 389
 - 7) 眞島: 理化研彙報 3 (大正13) 51
 - 8) West: Trans. Amer. Foundrymen's Assoc. 35 (1927) 289
 - 9) Ledebur: Das Roheisen (1904) 86
 - 10) Sexton 及 Primrose: The principle of iron-founding (1911) 289
 - 11) Moldenke: The principle of ironfounding (1917) 105
 - 12) Shop of Brousseval: Trans. Amer. Foundrymen's Assoc. 35 (1927) 289
 - 13) 齋藤及林: 京大工學部紀要 2 (1919) 83
4 (1924) 165
 - 14) Desh: Foundry Trade Jour. Feb. 2 (1922)
 - 15) Remy: Trans. Amer. Foundrymen's Assoc. 35 (1927) 289
 - 16) Curry: Trans. Amer. Foundrymen's Assoc. 35 (1927) 289
 - 17) Margules: Sitzungsber. Akad. Wiss, Wien. 83, II (1881)
 - 18) Feild: U. S. Bureau of Mine. Tech. paper No. 157 (1916)
 - 19) Feild 及 Royster: U. S. Bureau of Mines, Tech, paper. No. 187 及 189
 - 20) 長谷川、谷口、上田: 製鐵研究 97 (昭和二年)
 - 21) Washburn 及 Shelton: Univ. Illinois. Engin. Exper. stat. Bull., No.140. Vol. 21. No.33 (1924)
 - 22) English: Jour. Soc. Glass Tech., 8 (1924) 205
 - 23) Gehlhoff 及 Thomass: z. Tech. Phys, 7 (1926) 260
 - 24) Proctor 及 Douglass: Proc. Phys. Soc. 41 (1929) 500
 - 25) Sauerwald: 前掲
 - 26) 長谷川、谷口、上田: 前掲 (鑄滓の粘性)
 - 27) English: 前掲 (硝子の粘性)
 - 28) Washburn 及 Shelton: 前掲 (硝子の粘性)
 - 29) Fawsitt: 前掲

- 30) Arpi: 前掲
 Sauerwald: 前掲
- 31) Oberhoffer 及 Wimmer: 前掲
- 32) 眞島: 前掲
- 33) 篠田: 水曜會誌 5 (1928) 422
- 34) Gwyer 及 Phillips: Jour. Inst. Metals 2(1926)
- 35) Guillet: Rev. Mét. 19 (1922) 303
- 36) Curran: Chem. Met. Eng. 27 (1922) 360
- 37) 大谷: J. Inst. Metals 36 (1926) 243
- 38) Archer 及 Kempf: Trans. A. I. M. E. 73
 (1926) 597
- 39) Gwyer 及 Phillips: 前掲
- 40) Czochralski: z. Metallkunde 15 (1923) 78
- 41) Archer 及 Kempf: 前掲
- 42) Grogan: J. Inst. Metals 36 (1926) 269
- 43) L. de la Rive (1863)
 G. Vincentini and D. Omodei (1884) (1891)
 Vassura (1890)
 Mueller (1892)
 Hackspill (1910)
 A. Guntz and W. Broniewski (1910)
- 44) E. F. Northrup: J. Frank. Inst. 177 (1914)
 1, 287
 Trans. Amer. Electrochem. Soc. 25 (1914) 273.
- 45) 堤: 東北理科報告 7 (1918) 93
- 46) 松山: 金屬之研究 3 (1926) 254, 439
- 47) Oberhoffer 及 Wimmer: 前掲
- 48) Wimmer 及 Thielman: 前掲