

となり、75 t 取鍋について本法によつて得られた値と比較して、平均値、標準偏差はともに大きい、この差は取鍋容量の相違によつて生じたものであると思われる。

65 t 取鍋の場合の取鍋内温度降下速度は 2.45 ± 0.39 °C/mn であるから、鑄込開始数分前に本法を適用するとすれば、鑄込温度のバラツキを 5°C 以内におさえることが可能である。連続測温法と同様に、低過ぎる鑄込温度を避けることだけに問題をしばれば、測定費用が少なくなかつ作業が簡単であることから、鑄込温度の工業的管理の有力な手段であるといえよう。

IV. 結 言

取鍋内鋼浴温度の工業的管理手段のひとつとして取鍋内迅速浸漬測温法を開発した。また測定結果を統計的に処理することにより、前 2 報において得た一部の結果にうらづけをあたえた。

文 献

- 1) 小野寺真作, 荒木田豊, 平岡昇: 鉄と鋼, 47, (1961) 11, p. 1582.
- 2) 小野寺真作, 荒木田豊, 平岡昇: 鉄と鋼, 46, (1960) 10, p. 1246.

532.137.3 No. 2026
p. 539~541

(116) 振動円筒型粘度計に関する研究

八幡製鉄所技術研究所

工博 瀬川 清・渡辺司郎・○田中徳幸

八幡製鉄所工作部 森 下 繁

Study on an Oscillating Cylindrical Viscometer.

Dr. Kiyoshi SEGAWA, Shirō WATANABE,
Noriyuki TANAKA and Shigeru MORISHITA.

I. 結 言

当所では昭和 30 年初めに減衰振動法による粘性測定装置を試作し、以後この装置を用いて溶滓、溶接用溶剤、硝子などの熔融金属酸化物の粘性を測定して来たが、機構的にも、また操作上からも、かなり欠陥がみとめられたので、このたび従来の実績¹⁾と諸文献^{2)~6)}を参考にして新しい粘性測定装置を設計製作した結果、好成绩を得たので、その概略を報告する。

II. 従来法の測定原理と欠陥

J. R. RAIT⁷⁾によれば、減衰振動法により液体の粘性を測定した場合、被測定液の粘性係数 (η) は $\eta = A \log P$ で表わされる、ここに A は装置常数であり、 P は減衰の程度を示す値で $P = (a_0/a_n)^{1/n}$ で表わされる。ここに a_0 は始めの振巾角、 a_n は n 往復目の振巾角である。したがつてあらかじめ既知粘度の液体について $\log P$ と η の関係を求めておけば、粘性未知の液体の $\log P$ を測定することにより η を求めることができる。しかし従来の装置では振動子に一定振巾の振動を与える部分に不安があり、さらには振巾を測定するための目盛が 1° 単位で刻んであり、これを目測する方式となつていたために個人誤差導入の原因となり、再現性、精度の点で改良の余地があつた。

III. 新しい粘性測定装置の試作

1. 新装置の原理と構成

試作した装置の作動原理は従来のもものとほとんど変わらないが、機能的には励磁振動の賦与、電子管式自動記録、振動子の自動昇降装置など大巾な改良を行なつた結果、精度が高く、極めて使いやすい装置となつた。

励磁振動の方法としては中央部に永久磁石をとりつけた S 字型の振動アームの廻転コースに 2 個の電磁コイルを設け、一方を駆動コイル、一方を検出コイルとして、駆動コイルで振動子に一定振巾の廻転振動を与え、ついで振動子の振巾が一定となつたところでボタン操作によつて自由減衰振動に移行させ、電子管式記録計でこのときの減衰振動を記録し、振巾が 1/2 になるまでの時間から粘性係数を推算する方式を採用した。この測定回路の系統図は Fig. 1 に示す通りである。一方測定に当つては、振動子の設定、浸漬深さの調節などを正確かつ迅速に行なう必要がある、自動昇降制御回路、昇降速度自動変速回路、上下限自動制御回路等を含む自動制御方式を採用した。

2. 装置各部の説明

(1) 測定用振動子

S 字型の鉄装振動アームの中央部に永久磁石がとりつけられているので、両端がそれぞれ、N, S 極となつており、このためアームの先端が検出コイル内に這入ると検出コイルに電圧が誘起される。つぎにこの電圧が増巾器電源変換部に設定されている高感度リレーを作動させ逆方向に電流を流すので、駆動コイルは振動アームが逆方向に駆動するように励磁する。このようにして振動子は吊線の回転力と駆動コイルの励磁能によつて一定振巾で振動する。

(3) 電源装置

測定用として 2 種の交流電源、駆動用として 1 種の直流電源を用いた。なお測定器用電源には定電圧装置を採用した。

(4) 自動記録計

2 捲線型直流電流記録計を採用した。

(5) 自動昇降装置

略図を Fig. 2 に示す。

(i) 下降操作: 液面までは 300mm/mn、液面以下は、20mm/mn の降下速度とした。ただし振動子の下端が浴面に接触した瞬間に一旦停止し、ここで希望の浸

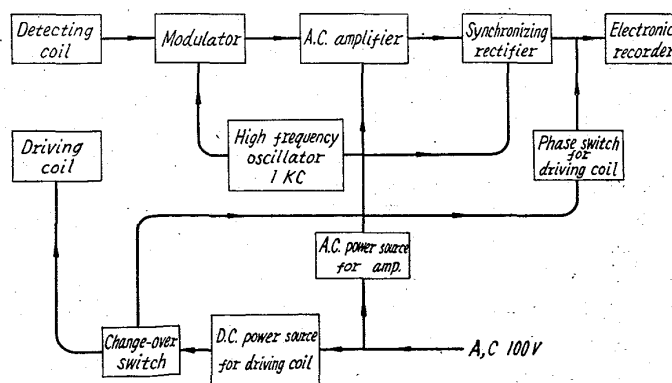
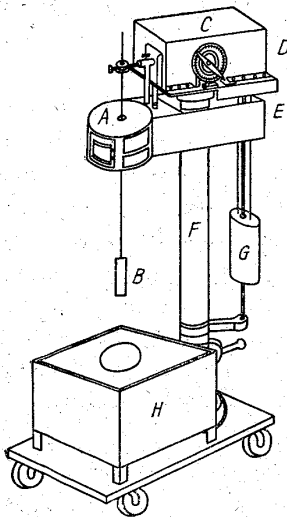


Fig. 1. Schematic diagram of electrical and control circuits.



A: Coil box
 B: Rotating element
 C: Transmission
 D: Limit gauge
 E: Limit switch
 F: Supporter
 G: Counter-balance
 H: Melting furnace

Fig. 2. Schematic view of viscometer-furnace assembly.

漬深さをリミットゲージに指示することにより、振動子
 がその深さだけ降下したら自動的に停止する構造となつ
 ている。

(ii) 上昇操作: 300mm/mn の速度で円滑に上昇
 し、ボタン操作で停止させる。

(6) 制御機

(i) 電気炉内電源スイッチおよび 24 時間タイマー
 設備

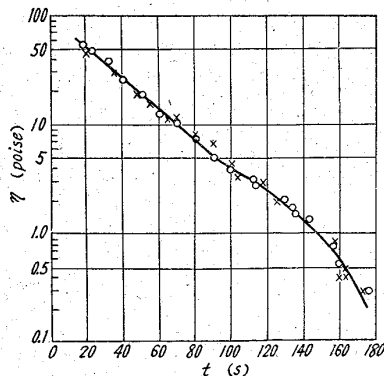
(ii) 昇降操作用自動制御盤

(iii) 測定関係自動制御盤

(iv) 測定器用電源および定電圧装置

IV. 装置の補正および測定結果

落下球方式で粘性を測定しておいた各種濃度のグリセ
 リンおよび珪酸ソーダの水溶液について、直径 0.5mm
 ϕ 、長さ 300mm のリン青銅装吊線を用いて、一定振
 巾の励磁振動から自由減衰振動に移行させ、振巾が半減
 するまでの時間 (t) を記録紙から求め、この t と落下
 球による粘性測定値 (η) との関係进行调查した。結果は



Experimental conditions:
 Hanging wire0.5 ϕ ×300
 Sample.....Sodium silicate and glycerin
 Dia. of balls.....3.2 ϕ mm 1.0 ϕ mm
 Depth of element...30 mm const.
 Bath temperature...30°C

Fig. 3. η -t calibration curve with the new apparatus.

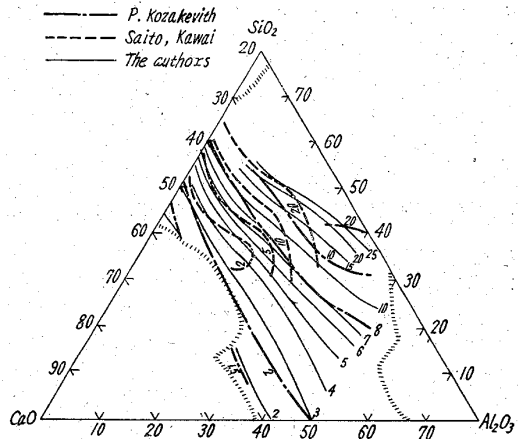


Fig. 4. Variation of viscosity with composition at 1600°C.

Fig. 3 に示す通りである。Fig. 3 の結果は合計 42 コ
 の測定によつて構成されたものであるが、従来法に較べ
 て、再現性、精度ともに向上している。

ただしグラフの一端で曲線になつている部分が認めら
 れるが、これは吊線の捩れモーメントの影響を示すもの
 で、このことから測定試料の粘度範囲に応じて適当な径
 の吊線を選ぶべきことが推察される。

最後に本装置の正確度を推定するために、CaO-SiO₂-
 Al₂O₃ 3 元系スラグについて粘性測定実験を行なつた
 結果について述べる。実験結果を Fig. 4 に示す。Fig.
 4 の結果は浴温 1600°C についてのものであるが、比較
 のために、同一温度における P. KOZAKEVITCH⁸⁾、斎藤、
 川合⁹⁾ の結果を併記した。これらの結果から、本装置に
 よる測定値が KOZAKEVITCH のそれに極めて近似してい
 ることが判る。

現在のように標準値とするに足る、粘性既知のスラグ
 が得られず、かつ他所での測定値が極めて少い現状で
 は厳密な意味での正確度を明らかにすることは不可能で
 あるが、Fig. 4 の結果と前述の Fig. 3 の結果を勘案
 すると、本装置が少なくとも実用上充分な正確度をもつ
 ていることが判る。

V. 結 言

溶解炉の加熱操作から記録操作にいたるまでの各操作
 段階を自動化した新しい粘性測定装置を試作した結果、
 精度ならびに作業性に関して満足すべき成績を得た。

文 献

- 1) 瀬川, 渡辺, 森下: 八幡製鉄, 技研, 研究報告, 昭 36, 第 35—5 号 (A)
- 2) K. SITTEL, et. al: J. Appl. Phys., 25 (1954), p. 1312.
- 3) W. ROTH & S. R. RICH: J. Appl. Phys., 24 (1953), p. 940.
- 4) 不破: 応用物理, 25 (昭 31), p. 149.
- 5) 鳥飼, 根岸: 応用物理, 25 (昭 31); p. 159.
- 6) 各務, 今村: 福井大学工学部研報, 5, No. 1, p. 31.
- 7) J. R. RAIT: Trans. Brit. Ceram. Soc., 40 (1941), p. 157.

- 8) P. KOZAKEVITCH: Rev. Mét., 57 (1960), p. 149.
- 9) 斎藤, 川合: 鉄と鋼, 38 (1952), p. 12.

621.946.628:620.192.39
:669.14-412

(117) 鑄塊気孔の生成機構について

八幡溶接棒 工博石崎敬三

Mechanism of Formation of Ingot Blow Holes.

P.541~543
Dr. Keizo ISHIZAKI.

I. 緒言

ビールの泡には浮上して空中に放散するものもありコップ壁に付着しているものもある。ビールを冷却凝固せしめたとき、気孔となり得るのは後者のみで前者はいかに多くても気孔とはなり得ないであろう。

リム鋼塊の気孔については HULTGREN らりの詳細な研究があるが、浮上するガス気泡と鋼塊に残留するいわゆる気孔との関係に対する考察は充分でないと思われる。ここにはその批判の形で著者の考察を述べるが、その内容はある程度一般の金属の鑄造組織にも適用できると思われる。

II. 考察結果

HULTGREN らは最初に「気泡は固体鋼に付着すると仮定する」といつているが、この仮定は十分に検討する必要がある。平面固体 m 上の液滴 l がガス相 g 中にある時接触角 θ_{lg} はつぎのように示される。 γ を各相間の界面張力として、(Fig. 1 (a))

$$\gamma_{mg} = \gamma_{ml} + \gamma_{lg} \cos \theta_{lg} \dots\dots\dots (1)$$

逆に気泡が液相と接する平面固体上に付着している時その接触角 θ_{gl} は、(Fig. 1 (b))

$$\gamma_{ml} = \gamma_{mg} + \gamma_{lg} \cos \theta_{gl} \dots\dots\dots (2)$$

したがって、

$$\theta_{gl} + \theta_{lg} = \pi \dots\dots\dots (3)$$

θ_{gl} (以後 θ_0 とする) は金属およびガスの種類、組成、温度により定まる物理的な数値であり、問題の気孔発生時に温度はその金属の凝固温度であるから定数と考えてよい。気泡が金属の凝固壁に付着するか否かは θ_0 により定まり、 $\theta_0 = \pi$ であれば凝固中にガスがどんなに発生しても鑄塊は健全である。逆に $\theta_0 = 0$ であれば少量のガスでも全部気孔として残留するであろう。

次に HULTGREN は明示していないが、その気泡の形状を見ると突出部が半球状になったときに気泡は浮上することを暗黙のうちに考えているようである。一方気孔の生長方向は突出した気泡の接触線における切線方向であるように説いている。これが両方とも真であれば気孔は

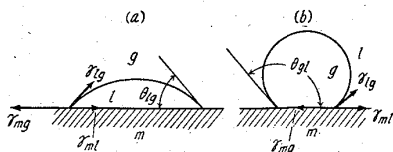


Fig. 1. Contact angle of liquid drop or gas bubble on the solid plane.

成長することは出来ない筈である。この困難をさけるためには気孔の開口部付近の凝固面の形を考えなくてはならない。

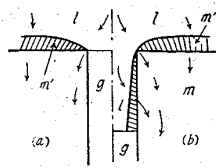


Fig. 2. Solidification of liquid metal near the blow hole.

いま Fig. 2 (a) に示すように凝固面にトンネル状の気孔があり、その開口部を接触角 $\pi/2$ のガス気泡が凝固面に連続した平坦な面をなすように塞いでいたとする。ガスで満された気孔は熱の不良導体と考えられるから、矢印の熱流から想像されるように、気孔の開口部付近の凝固速度は遅れて図のような孔に向う傾斜面が出来る筈である。もし気泡が (b) のようにトンネル内に入りこめばトンネル内部では溶鋼からの熱の供給が少なく、トンネルの周囲より冷却されるから図のように内部に入るほど凝固速度は大きいであろう。結局気孔の開口部は常に内側に向け丸みを帯びていると思われる。

この丸み (曲半径 R で表わす) は Fig. 3 に示すように θ_{gl} が小さいほど大きいであろう。Fig. 4 には $\theta_{gl} = 90^\circ$ のとき気泡が突出しないでも接触線が開口部の丸み部にわずかに乗るだけで気孔は成長しこれよりわずかに引こむことにより収縮に向うことを示している。

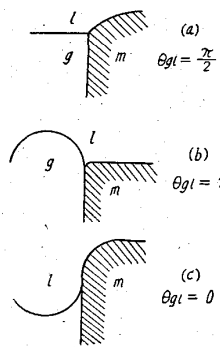


Fig. 3. Shapes of gas bubble with various contact angles, seating in the closing and growing in the blow hole.

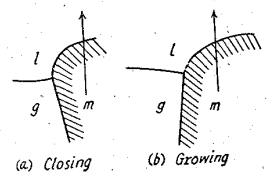


Fig. 4. Shapes of gas bubble with a contact angle 90° , seating in the closing and growing blow hole.

このように気泡は突出した形にならないでも拡大成長することが可能であるとすると気泡の浮上は起こり得ないと思われる。rim hole contour line は拡大成長しつつある rim hole の前方の気泡が、突出しすぎたときに上向きの溶鋼の流れにより、洗い流され気泡中に溶鋼が入りこみ、このよう

な過程が繰返されて生じたものであるといわれている。その特徴はその中心線を通る平面で縦断すると、Fig. 5 に示すように朝顔型に開く contour line は上下とも次第に上方に曲つており上方の凝固線がほとんど垂直

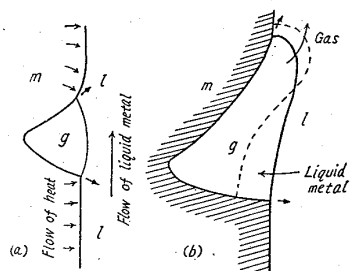


Fig. 5. Mechanism of formation of rim hole contour line.