

小型誘導溶解炉中の溶鉄内の分散気泡の測定

寄 書

川上 正博*・富本 登*²・北沢 康憲*³
 奥山 優*⁴・伊藤 公允*

Measurements of Dispersed Bubbles within Molten Iron Contained in a Small Induction Furnace

Masahiro KAWAKAMI, Noboru TOMIMOTO, Yasunori KITAZAWA,
 Masaru OKUYAMA, and Kōin ITO

1. 緒 言

従来、液体中に吹き込まれたガスからの気泡の生成機構や平均気泡径等に関する研究は比較的多く行われているが¹⁾²⁾、溶鉄に関するものは、Iron and Guthrie³⁾ によるノズル先端における発生気泡の大きさを調べたものがあるだけで、その分散形態については報告がない。本研究では、前報⁴⁾において確立した液中分散気泡の統計的処理法を溶鉄に適用し、気泡頻度 f (1/s)、ガスホールドアップ H (-)、上昇速度 v (m/s) を求め、小型誘導溶解炉内の鉄浴中への気泡の分散挙動を明らかにすることを目的とした。更に、同一幾何学的形状の水浴を用いた実験を行い、気泡の鉄浴および水浴中への分散挙動の比較も行った。

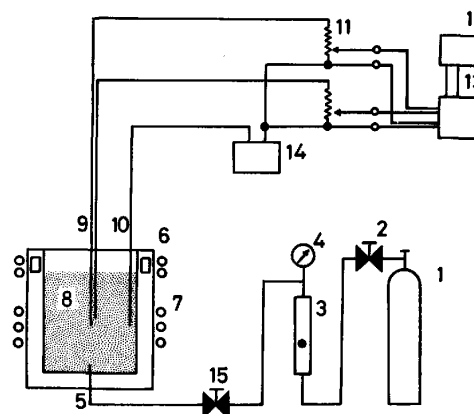
2. 実験方法

用いた実験装置の概略を Fig. 1 に示す。炉の寸法は内径 150 mm、深さ 400 mm である。炉底部中央には、内径 1.5 mm のムライト製ノズルを埋め込んだ。炉の上部には、溶鉄飛沫の付着防止のため、ライニング加熱用の黒鉛リングを埋め込んだ。高周波電源には、最高出力 36 kW、発振周波数 2.2~3.1 kHz、サイリスタ制御方式のものを用いた。この炉の中で、20 kg の鋳物用鉄 1 種 B を溶解し、N₂ ガスを 20 Nl/min の流量で吹き込んだ。なお、N₂ ガスを吹き込まないときの鉄浴深さは 190~200 mm であった。

電気探針は、2 本の Mo 棒 ($\phi 1.5$ mm) に内径 1.5 mm のムライト製絶縁管をかぶせ、その先端を垂直方向に 10 mm ずらして内径 6 mm の石英管内に固定し、更

に補強のために、内径 8 mm のステンレス管内に納めた構造とした。この探針は、炉体上部のアルミ製の枠に固定した。また別に、黒鉛棒を溶鉄中に浸漬した。Mo 棒と黒鉛棒を直流電源に接続し、2 組の電気回路を構成した。この回路より得られる電気信号は、前報⁴⁾ 同様、アナログデータ・レコーダで記録し、マイクロコンピュータで処理した。

測定温度は 1 250°C である。また、誘導攪拌の効果を調べるために、電源カット時の測定も行った。この時は、一度 1 300°C まで昇温し、電源をカットして 2 min 放置し、その後、3 min 測定を行った。この 5 min の温度降下は約 80°C であつた。



1 Nitrogen cylinder, 2 Reducing valve, 3 Float meter, 4 Pressure gauge, 5 Nozzle 6 Graphite ring, 7 Induction coil, 8 Bath, 9 Electroresistivity probe, 10 Counter electrode, 11 Variable resistor, 12 Oscilloscope, 13 Analog data recorder, 14 D.C. Voltage regulator, 15 Controlling valve

Fig. 1. Schematic diagram of the apparatus used to measure bubbles in molten iron.

昭和 57 年 4 月本会講演大会にて発表 昭和 58 年 5 月 23 日受付 (Received May 23, 1983)

* 豊橋技術科学大学 工博 (Toyohashi University of Technology, 1-1 Aza-Hibarigaoka Tempaku-cho Toyohashi 440)

*² 豊橋技術科学大学大学院 (現: (株) 神戸製鋼所) (Graduate School, Toyohashi University of Technology, Now Kobe Steel, Ltd.)

*³ 豊橋技術科学大学大学院 (Graduate School, Toyohashi University of Technology)

*⁴ 豊橋技術科学大学 (現: 小山工業高等専門学校) 工博 (Toyohashi University of Technology, Now Oyama Technical College)

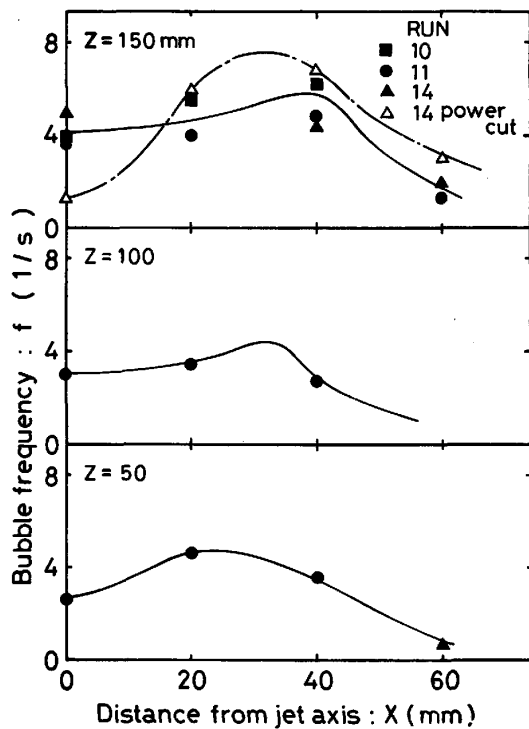


Fig. 2. Radial distribution of bubble frequency at different height, Z , from nozzle top in iron bath. Solid lines : power on, dotted line : power cut.

浴内の測定位置は、垂直方向は、ノズル先端からの高さ Z (mm) で表し、半径方向は、中心軸からの距離 X (mm) で表した。

水浴中の実験では、アクリル製円筒容器を用い、前報⁴⁾と全く同じ操作で測定を行った。なお、ガス流量は 20 Nl/min である。

3. 実験結果および考察

3.1 気泡頻度分布

Fig. 2 に、鉄浴中での測定結果を示す。横軸に X 、縦軸には気泡頻度 f を示した。図より、(i) f の水平方向の分布は、中心軸からずれた位置に最大値をもつ、(ii) f は底から表面に昇るに従って増加する、(iii) $Z = 50$ と深い位置でも、 $X = 60$ と比較的側壁に近い所まで気泡が到達している、ことがわかる。 $Z = 150$ に示した一点鎖線は、電源カット時の測定結果で、上記項目 (i) の傾向がより強調されている。

Fig. 3 は、水浴中での測定結果である。いずれの深さでも、 f の水平方向の分布は、中心軸上に最大値を持っており、2次元ガウス分布ののると見ることができる。図中、おのおのの曲線に対する標準偏差 σ の値を示した。鉄浴中の結果と比較すると、気泡分散相の拡がり方は小さく、中心軸近傍での f の値は大きい。

3.2 ガスホールドアップ

鉄浴中のガスホールドアップの測定結果は、気泡頻度分布について前述した3項目と同様の傾向を示した。ま

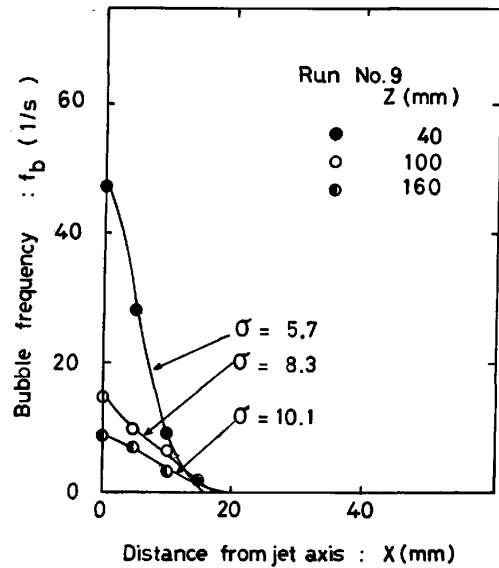


Fig. 3. Radial distribution of bubble frequency at different height, Z , from nozzle top in water bath. σ is the standard deviation for Gaussian distribution curves at each height.

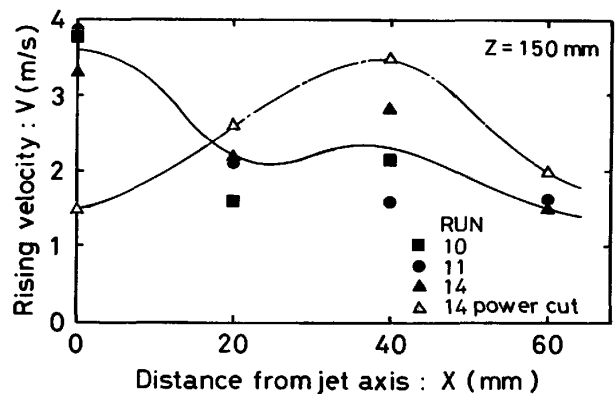


Fig. 4. Radial distribution of bubble rising velocities in iron bath.

た、電源カットの効果についても同様、極大値の偏心がより顕著に認められた。

3.3 気泡上昇速度

Fig. 4 に、気泡上昇速度 v の測定結果を示す。図中の一点鎖線は、電源カット時の結果である。 v は $X = 0$ の 1.5 m/s から、 $X = 40$ の 3.5 m/s までいつたん上昇し、 $X > 40$ で降下した。電源オンの場合には、 $X = 40$ 付近のピークの外に、 $X = 0$ にもピークが認められた。 $X = 40$ にピークのあることは、気泡頻度分布の傾向と一致する。電源オンの場合には、誘導攪拌の効果により、鉄浴中心部には強い溶鉄の上昇流が存在し、側壁近傍では下降流が存在する。このため、電源オンの場合には、 $X = 0$ にピークが表れ、 $X > 20$ の所では、電源カット時にくらべ、 v が小さくなったと考えられる。

水浴中での結果は、 $Z = 150$ では、 v は、中心で約 1.5 m/s の最大値をとり、 X の増加とともに、約 1 m/s まで減少することを示した。鉄浴中の結果と比較する

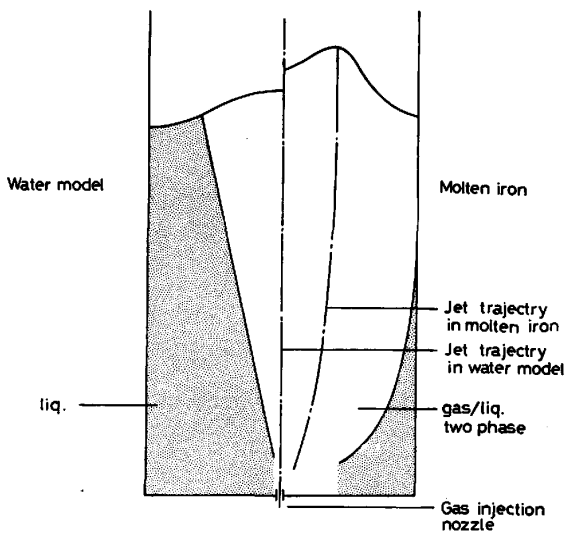


Fig. 5. Comparison of bubble dispersion zones. The left part shows the zone in water bath and the right, that in iron bath.

と、全般に、 v は小さめの値であつた。

3.4 気泡分散相の拡がりについて

Fig. 5 の右半分に、鉄浴中の気泡分散相の拡がりを示した。気泡分散相の境界は、 $Z=50$, $X=60$ で気泡が検

知されたことから、定性的に定めた。図中の一点鎖線は、各深さでの f のピークの軌跡を示す。 $Z=150$, $x=40$ の位置における $120s$ の f のデータを一定時間間隔で区切り、その間の f の平均値を調べたところ、それはほぼ周期的に増減していた。そのことから、一点鎖線を中心軸とする気泡分散相が、約 $28s$ の周期で巡回していると考えられる。

Fig. 5 の左半分は、水浴中の気泡分散相を示す。3.1 で求めた σ を用い、 3σ の軌跡より、気泡分散相の境界を定めた。この境界と中心軸のなす角の2倍で定義されるコーンアングルは 23.7° であつた。

図の左右を比較すると、気泡は、水浴中では、中心軸からあまり拡がらず、密集して上昇するが、鉄浴中では、浴内のほぼ全域に拡がって上昇する、ことがわかつた。

文 献

- 1) 森 一美, 佐野正道: 学振 19 委-No. 10291 (昭和 55 年 9 月)
- 2) G. N. ORYALL and J. K. BRIMACOMBE: Metall. Trans., 7B (1976), p. 391
- 3) G. A. IRONS and R. I. L. GUTHRIE: Metall. Trans., 9B (1978), p. 101
- 4) 川上正博, 富本 登, 伊藤公允: 鉄と鋼, 68 (1982), p. 774