

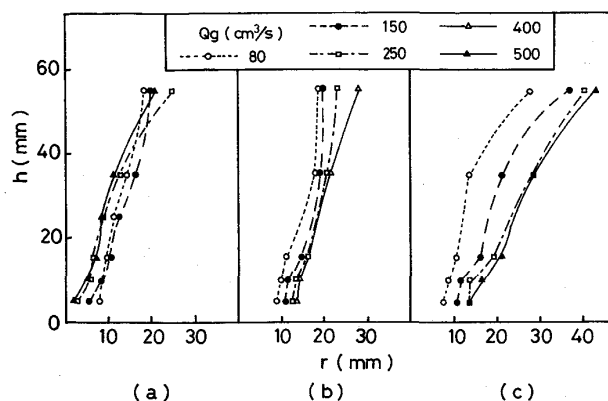


Fig. 5. Distribution of the boundary between gas-liquid mixing and liquid region in water (a) and mercury (b)-(c).

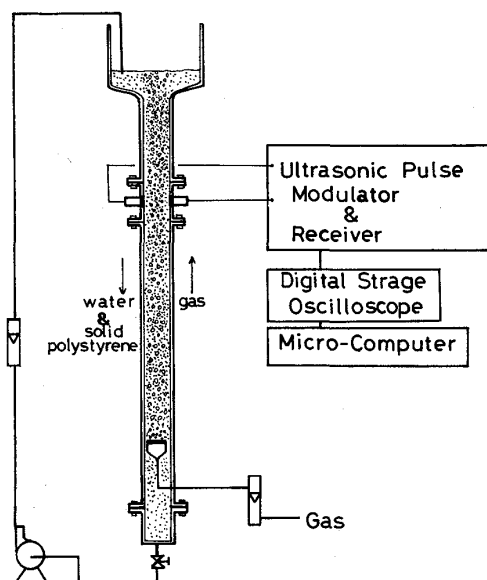


Fig. 6. Schematic diagram of the apparatus.

製の管をながれる三相（気-液-固）の混相流中の超音波パルスの減衰を調べた。その結果、ガスおよび固体粒子の濃度（ホールドアップ）と減衰率との定量的関係を明らかにした。更に、三相中でもガスおよび固体粒子濃度が減衰率におよぼす影響はそれぞれ独立であることが分かった。また、固体粒子径を変えた場合の、減衰率の周波数特性を調べ、周波数特性から固体粒子径を推定できる可能性を示した。

以上、述べてきたように本研究によつて、気-液-固体の混在する製錬過程においては、超音波パルス法の適用が、プロセスの解析に極めて有効であることが分かった。

吹込みジェットの挙動と炉底羽口における鉄凝固相生成との相互関係

小沢 泰久（名古屋大学工学部）

吹込み精錬においては、吹込みガスの冷却作用により羽口近傍に多孔質の鉄凝固層（マッシュルーム）が生成付着する。この凝固付着層の生成は吹込みガスジェットの挙動に大きな影響をおよぼし、羽口溶損とも密接に関係していると考えられる。

本研究では、凝固付着層の生成機構を基礎的に究明するため、水浴および酢酸浴へ冷却した N_2 または He ガスを底部オリフィスから吹込みモデル実験を行い、付着層の生成開始条件および付着層の生成挙動と吹込みガスジェットの挙動との相互関係について検討した。さらに、オリフィス近傍の熱移動モデルに基づいて付着層生成の臨界条件を検討した。

実験においては、両側壁に採光用のガラス窓を取り付けたステンレス製容器（内寸 $20 \times 20 \times 50$ cm）を用い、容器底部中央に硬質塩化ビニール製板（直径 12 cm、高さ 4 cm）を固定し、その中心にガス吹込み用オリフィス（直径 0.1, 0.2 cm）を設けた。また、容器底部外側には圧電型加速度計を固定した。

容器にはオリフィス出口位置から 20 cm の高さまで水または酢酸（試薬特級）を入れた。浴温度は、水の場合には 4, 5, 6, 8, $10^\circ C$ 、酢酸の場合には 30, $40^\circ C$ とした。なお、冷却ガス吹込みによる浴温度の低下を防ぐため浴中に電熱器を浸漬して加熱し、浴温度を $\pm 0.1^\circ C$ の精度で一定に保持した。

吹込みガスの冷却は、ドライアイスアルコール液中に浸漬した $\frac{1}{4}$ インチ銅管（長さ 11 m）中をガスを通させることにより行つた。この冷却ガスと室温のガスの混合割合を変化させることにより吹込みガス温度を $0 \sim 65^\circ C$ に調節した。吹込みガス流量は N_2 250 $\sim$ 1350 Ncm^3/s 、 He 1200 $\sim$ 2300 Ncm^3/s とした。この流量範囲はみかけのマッハ数 M' に換算すると、 N_2 0.5 $\sim$ 2.5、 He 0.7 $\sim$ 1.4 となる。ここで、 M' はオリフィス出口における静水圧およびガス温度について補正したガス流量をオリフィス断面積とガス温度における音速で割った値である。

凝固層付着の臨界条件は、付着層が生成するまで吹込みガスの流量と温度を順次変化させて求めた。なお、実験ではガスの流量と温度の各組合せについて約 5 min 保持して付着層生成の有無を調べた。付着層の生成開始後、所定の時間間隔で写真撮影し、付着層の成長とガスジェットの挙動を検討した。

吹込みガス流速が音速領域にある場合、凝固付着層は

生成初期においては多孔質の円筒状であり、円筒側面の細孔を通るガスは大気泡となり、付着層先端の穴を通るガスはジェット状に噴出した。付着層が十分に成長すると、先端の穴は閉じ、ジェッティングは観察されなくなった。ただし、十分に成長する以前に凝固付着層が離脱し、再びジェッティングが起こる場合もあつた。加速度計による測定では、凝固付着層が生成すると浴槽の振動強度が著しく低下する現象が見いだされた。一方、吹込みガス流速が亜音速領域にある場合、半球状の多孔質の付着層が生成し、成長する。この付着層には音速領域の吹込みにおけるような付着層先端の穴はなく、ガスはジェットとしてではなく気泡として液体中に吹き込まれている。

凝固付着層の生成は、吹込みガスの温度が臨界値以下になると起こる。この臨界ガス温度は浴温度が高くなるにつれて低くなる。また、ガス流量が増加するほど臨界ガス温度は高くなるが、流量がある程度以上高くなると臨界ガス温度は変化しなくなる傾向がある。

凝固付着層生成の臨界条件は、液体からオリフィス出

口周縁への入熱速度と周縁部から吹込みガスへの抜熱速度の平衡関係によつて決まると考えられる。付着層生成の臨界状態ではオリフィス出口周縁の温度が液体の凝固点 T_f に等しいと仮定すると、臨界条件は次式で与えられる。

$$\frac{h_l(T_l - T_f)}{h_g(T_g - T_0)} = C \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 h_l 、 h_g はおのおのの液体と出口周縁、出口周縁と吹込みガスとの間の熱伝達係数、 T_l は液体温度、 T_0 は吹込みガスの断熱膨張による温度の低下を考慮したオリフィス出口における真の温度、 C は定数である。

N_2 -酢酸系、 N_2 -水系、 He -酢酸系、 He -水系の実験結果を(1)式に基づいて整理し、付着層生成の臨界条件が(1)式($C=0.5$)によりよく表されることを示した。

以上、水浴、酢酸浴への N_2 、 He 冷却ガス吹込み実験を行い、生成した凝固付着層の形状、性状におよぼすガス吹込み条件の影響を明らかにし、凝固付着層生成の臨界条件とガス、浴の温度、ガス流量との関係を熱移動モデルに基づいて統一的に説明した。

コ ラ ム

ある日の研究ノートから

我々の関与する鉄鋼の技術と研究の分野においても、さまざまなモデルが数多く開発され、諸現象の解析、定量化および理論的検討に利用されている。その展開の多くはモデルで予測された計算値と実測値との一致もしくは対応性で検証され、評価されている。しかし、計算値も実測値もこれを正しく利用するためには、当然のことながら、心掛けておかねばならぬことがある。

まず実測値に関しては、「実測値は正しいか？」という疑問である。実際に測定された結果は必ず何かを計測しているわけで、この意味では常に正しいが、問題は実験者の意図したものが正しく得られているかどうかという点である。

例えば、焼結プロセスでは焼結層内の温度を熱電対で測定することが多いが、測定値の示す値は固体温度かガス温度かという点や粒度分布をもつた粒子充填層内での代表値となつているか否かなど、測定法も含めて測定結果そのものの事前評価がまず初めに検討され

るべきであろう。

次に計算値に関しては、「計算の前提は妥当か？」という疑問である。計算の過程そのものは数式の展開と数値の処理であり大きな問題ではないが、計算の前提となる理論式や実験式の採用の是非は十分に検討する必要がある。

例えば、焼結プロセスでは充填層の圧力損失、燃料の燃焼や伝熱に関するいくつかの数式が化学工学的手法で導入されることが多いが、焼結過程で実際に生じている擬似粒子構造の変化や原料溶融挙動の影響が上記数式中で十分に評価されているとは言い難い。ついパラメーターのお世話になりがちである。過去に提案されたモデルを利用するだけではなく、基礎実験に基づいて独自の観点から新たな関係を構築する研究姿勢が望まれる。

諸現象の法則化にモデルの概念は重要な役割を担う。その構成の吟味には実測と計算の両面から突っ込んだ検討が加えられるべきであろう。

(住友金属工業(株)総合技術研究所 佐藤 駿)