

(126) 小型交流ESRにおける滴の落下速度、スラグ浴の対流について

北海道大学工学部

○佐藤修治 石井邦宜
近藤真一

1. 緒言. ESRにおいて電極先端、落下滴、メタルプールなど各相の動的挙動には不明な点が多い。本研究では物質移動機構解明の基礎としてメタルおよびスラグの動的挙動を把握する目的で小型交流ESRでのスラグの流動速度、溶滴の落下速度をX線透視16mm映画撮影法によって測定したので報告する。
2. 実験方法. ESRは自製のもので鑄型はX線の透過能を考慮してアルミニウム製とした。電極材はS43Cおよび硫黄快削鋼SUM23を用いそれぞれ電極径、雰囲気を変え溶解した。スラグ浴の調査には溶解が定常に達してからX線の透過能、比重を考慮したトレーサ（たとえば微少スケールボール）を投入し撮影した。滴の落下状態はX線テレビで観察しつつ高速度16mmシネカメラで直接撮影した。実験条件および電極材の化学成分は表1に示した。

3. 実験結果 滴の落下速度 離滴後の落下速度はシネフィルムのコマ送り速度と滴の移動距離から求められる。落下速度は鋼種、雰囲気の影響されない速度はいずれも終速度に達しておらず時間とともに増加する。図1は離滴後0.02~0.04秒間の平均速度を電流中（ピーク電流-基底電流）に対してプロットしたもので、電流中の増加とともに落下速度も大きくなりピンチ力による初速度の影響が表われている。落下速度Vは落下開始後の時間tに対して(1)式で与えられる。

$$V = V_0 + V_t (Ae^{Bt} - 1) / (Ae^{Bt} + 1) \dots\dots\dots (1)$$

V_0 : スラグの対流速度, $A = (V_t + V_0) / (V_t - V_0)$ (V_t, V_0 : 滴の終速度と初速度), $B = 2\Delta\rho \cdot g / V_t(\rho_d + \rho_c/2)$ (ρ_d, ρ_c : 滴とスラグの密度)である。 V_t を完全循環液滴の抵抗係数とRe数の関係から求め(7.5mm径の滴では62cm/sec.程度) また V_0 として離滴時の速度を用いて(1)式から推算するとスラグ中心部の対流速度は7~12cm/sec.で理論計算値とほぼ一致する。

スラグ浴の対流について スラグ浴の運動は実験毎に、また電極先端の溶鋼量、振動、滴の落下によって大きく左右され複雑である。

図2は0.02秒毎のトレーサの軌跡とそれから推測される流線を示した。ケース1は中心で下向、周辺で上向きの(正巻き)渦が1ヶ存在する場合、ケース2は上に正巻き、下に逆巻きの二つに分れた渦が存在する例である。このほかに正巻きの渦が上下二つに分れることもある。1.4cm径のS43C鋼を溶解したとき($I=450A$)、トレーサの終速度を考慮して求めた対流速度は電極先端斜面付近でもっとも大きく約18cm/sec.であった。同じ渦で水平分速度、垂直分速度の最大は約13cm/sec.である。一方メタルプール界面付近の対流はプールの上下動のため明確でないが、その速度は上部ほど大きくないように思われる。

4. 結論 小型ESRではスラグの流動のみならず、滴生成過程や滴の落下速度に対する電磁力の効果が大きい。スラグの対流パターンは自然対流や滴の落下に伴う対流によって影響され、刻々と変化した。

Electrode	S43C 12, 14, 18 ϕ SUM23 14, 18 ϕ
Slag	CaF ₂ 60-CaO25-Al ₂ O ₃ -15%
Mold	Al (28 ϕ)
Voltage	16.5-23.5V
Current	260-950 A
Atom.	Argon, Air 1000cc/min
Water	3800cc/min

	C	Mn	P	S	Si
S43C	0.41	0.70	0.030	0.030	0.15
SUM23	0.09	0.90	0.065	0.305	

表1. 溶解条件と電極材の化学組成

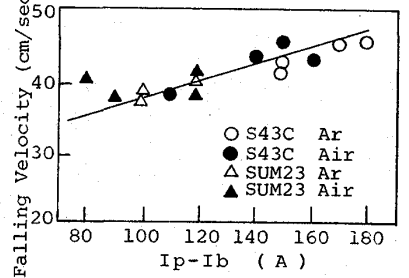


図1. 滴の落下速度と電流中

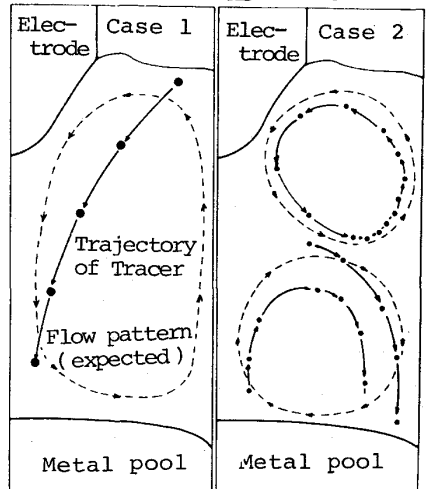


図2. トレーサの軌跡とスラグ浴の対流