

621.365.3: 536.421

(117)

限界凝固速度にもヒビくESR炉のスケールアップに関する考察

東京大学工学部

増子 昇
○佐野 信雄

緒言 ESR炉は小規模での研究成果を基礎に大型化を指向しているのが現状である。井上、小島、加藤(学振19年1973年11月報告)は従来の研究結果を整理して溶解パラメータ間に経験的な法則を見出しているが、本報告ではこのような法則が大型化した場合にも成立し得るかどうかを検討し、将来のスケールアップの指針を得ることとを目的とした。

結果および検討 1) 限界凝固速度 下の図はインゴット径Dと凝固速度Uとの関係を示すもので、研究者によりてかほりばらつきはあるものの、D=50cm以下ではU=0.01cm/secで一定、D>50cmではDU=0.5cm²/secの関係を保持しながらUは減少している。アール・インゴット界面での凝固潜熱とインゴット側壁から外部への伝熱量を等しいとして求めた最大凝固速度U*を定常熱伝達の問題として計算すると、DU*=1.9cm²/secという関係が得られる。これは0.01cm/secのUを保持してD=190cm以上のインゴットを生産することは不可能なことを意味している。

2) 熱収支と溶解パラメータ諸特性の関係 入力電力IEは定常状態で熱の発散量に等しく、次式で表わされる。IE=k₁D+k₂DL+k₃D² ここで第1項は上述のインゴット側壁からの放熱、第2項はスラッグ層側壁からの放熱(Lはスラッグ層厚さ)、第3項はスラッグ表面からの放熱である。k₁, k₂, k₃は炉の幾何学的因子D, L, f(fill ratio)の間数として計算できるので、諸溶解パラメータはL, f, U, Dによって定まる。右の表は諸パラメータがDⁿに比例すると考えて、従来の研究結果を整理したものである。

諸特性	単位	D=50 代表値	(A) 経験式		(B) DU=0.5	
			D ⁿ のn	200cmでの値	D ⁿ のn	200cmでの値
凝固速度	cm/sec	0.01	0	0.01	-1	0.0025
スラッグ厚さ	cm	29	0.8	88	0.5	58
入力	KW	750	1.6	6890	1.5	6000
溶解速度	kg/min	8.8	2.0	141	1	35
スラッグ重量	kg	150	2.4	7280	2.5	4800
エネルギー密度	W/cm ²	13	-1.2	2.5	-1	3.2
電流密度	A/cm ²	7.6	-0.6	3.3	-0.5	3.8
全電流	KA	15	1.4	104	1.5	120
電圧	V	50	0.2	56	0	50
比消費電力	KWh/kg	1.36	-0.4	0.78	0.5	2.7

表 D=200cmでの諸特性の予測値

3) DU=constで制約されるDへのスケールアップ 主としてD<50cm以下で求められた経験的な関係およびその関係をD=200cmに外挿して求めた諸パラメータの値を(A)に示した。(B)はDU=0.5の条件下で成立するDと諸パラメータの関係およびそれに基づいて求めたD=200cmでの諸パラメータの値である。(A)と(B)とを比較すると、入力エネルギー密度、電流密度、全電流、電圧には差が殆んどないが、溶解速度の評価に著しい相違が見られる。比消費電力は大型化に伴って、D^{0.5}に比例して大きくなることが注目される。

結論 熱的関係をもとに従来の諸研究の結果を整理することによって、大型化した場合の諸パラメータが評価できたと考えられる。

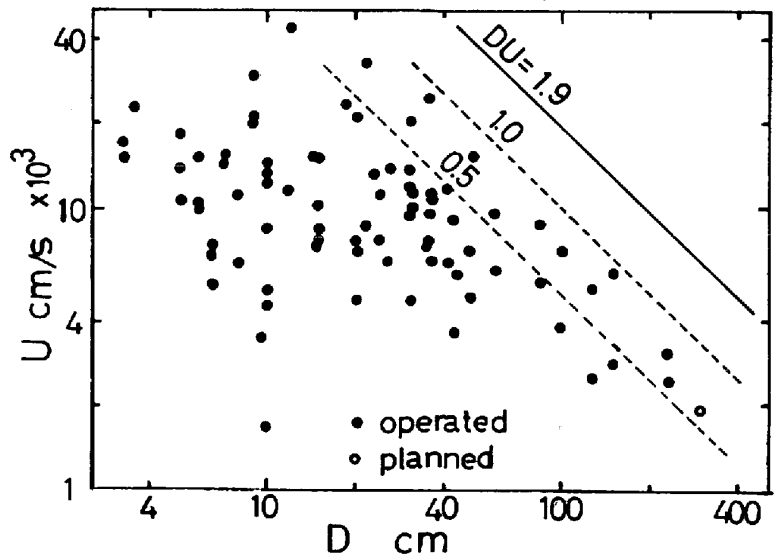


図 凝固速度とインゴット径の関係