

(66) 電子ビーム溶解時の25%Fe-Crおよび10%Ni-Fe合金の蒸発

新日鉄基礎研究所

中村泰, O桑原正年
鈴木嵩

1. 緒言 電子ビーム溶解法は高真空下で溶解・精錬するため、他の真空溶解法と比較して揮発性の不純物元素の除去効果が著しいことが知られている。その反面、必要な合金元素(例, Cr, Ni, Mnなど)の蒸発損失が大きくなる欠点がある。特に高合金鋼の場合は、構成する各元素の蒸発量が同程度になり、Feの蒸発量を無視して議論はできない。従来、添加元素濃度の低い場合の蒸発速度についての報告はあるが、Feの蒸発を考慮した高合金鋼の報告は少ない。そこで、電子ビーム溶解時の元素の挙動を知るために、純Fe, 25%Cr-Fe, 10%Ni-Fe合金について、ボタン溶解時の蒸発速度を測定したので報告する。

2. 実験方法 (1)実験に使用した電子ビーム溶解炉は、ビーム加速電圧30kV,ビーム電流0~1.2A可変である。ボタン溶解用の水冷銅るつぼは、内直径25mm,深さ10mmである。(2)供試材は高周波溶解で溶製した純Fe, 25%Cr-Fe, 10%Ni-Fe合金を鍛造後、直径24.5mm,厚さ10.5mmに加工した円板(約40g)である。(3)実験条件としてビーム加速電圧は30kV一定とし、ビーム電流を100,150,200mAのもとで、時間をかえて溶解し、溶解前後の試料の重量減少と成分の濃度変化から各成分の蒸発量を求めた。実験中のタンク内の真空度は約 2×10^{-6} torrであった。なお、溶鋼の温度は適切な測温方法がなかったので測定しなかった。

3. 実験結果とまとめ Fe-X 溶融合金の蒸発速度について、Langmuir の蒸発式が適用できると仮定すると、次の式が得られる。

$$\log(1-\Delta W_X/W_X^0) = \alpha_X \cdot \log(1-\Delta W_{Fe}/W_{Fe}^0) \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta W_{Fe} + (\gamma_{Fe} \cdot k_{Fe} / \gamma_X \cdot k_X) \Delta W_X = \gamma_{Fe} \cdot k_{Fe} \cdot t \dots\dots\dots (2)$$

$$\alpha_X = M_{Fe} \cdot \gamma_X \cdot k_X / M_X \cdot \gamma_{Fe} \cdot k_{Fe} = \sqrt{M_{Fe} \cdot \gamma_X \cdot P_X^0} / \sqrt{M_X \cdot \gamma_{Fe} \cdot k_{Fe}} \dots\dots\dots (3)$$

$$k_{Fe} = f \cdot S \cdot \sqrt{M_{Fe} / 2\pi RT \cdot P_{Fe}^0}, \quad k_X = f \cdot S \cdot \sqrt{M_X / 2\pi RT \cdot P_X^0}$$

ここで各成分について、 W^0 は初期重量、 ΔW はt時間の蒸発量、Mは原子量、 P^0 は $T^{\circ}K$ での基準状態の蒸気圧を示す。またfは反応系の圧力などによる補正係数、Sは蒸発表面積である。ただし(1)式、(2)式は活量係数 γ の濃度依存が無視しうる場合に成立し、 k_{Fe} 、 k_X の値が分かれば、t時間後の各成分の蒸発量は計算できる。

本実験の結果を(1)式で整理したのが図1である。直線の傾きより求められる α_X から(2)式の左辺が得られる。この値とtとの関係を示すのが図2である。傾きは $\gamma_{Fe} \cdot k_{Fe}$ の値である。さらに(3)式の α_X と $\gamma_{Fe} \cdot k_{Fe}$ の関係から $\gamma_X \cdot k_X$ の値が得られる。表1に α_X の実測値と熱力学データより求めた計算値および k_{Fe} の実測値を示す。 α_X の実測値は計算値とよく一致している。また、異なった合金で得られた k_{Fe} の値はよく一致している。以上、電子ビーム溶解時の25%Cr-Fe, 10%Ni-Fe合金の蒸発速度を測定し、Feの蒸発を考慮して解析した結果、各成分の蒸発量はLangmuirの式から推定できることが分かった。また、三元合金でも同様のことが考えられる。

文献；1) Thermochemistry of steelmaking Vol 1, Vol 2.

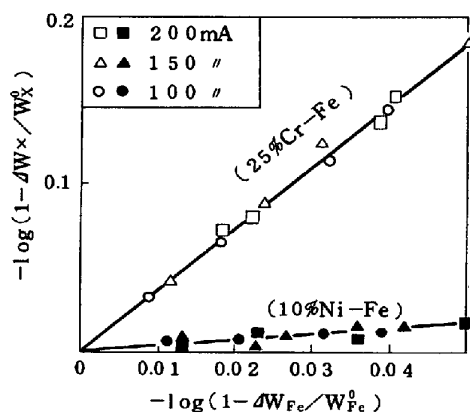


図1 合金成分の蒸発量の対数関係

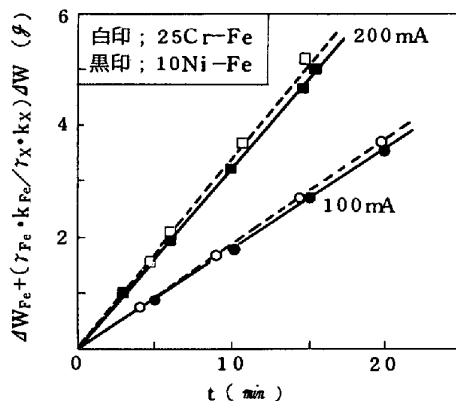


図2 蒸発量と時間の関係

表1 実験結果(計算値は1,600°C)

	α_X の値		k_{Fe} (g/min·cm ²)	
	実測値	計算値	100mA	200mA
Fe-Cr	3.7	4.1	0.039	0.069
Fe-Ni	0.35	0.32	0.037	0.066
Fe	—	—	0.041	0.070