

討13 電気炉-取鋼精錬-脱ガス工程による低合金鋼の製鋼技術

山陽特殊製鋼

林田 晋 ○高馬孝昭

佐藤 一郎

1 緒言

従来、電気炉特殊鋼工場の製鋼プロセスは電気炉-脱ガス-下注造塊が主流であったが、連続鑄造の導入により、電気炉-取鋼精錬-脱ガス-連続鑄造のプロセスが定型的なフォームとなりつつある。

多連々鑄達成のためには①時刻②溶鋼化学成分③溶鋼温度の同時マッチングが必要であり、さらに④精錬効果の向上が不可欠となる。特に結晶粒度調整用肌焼合金鋼(たとえばSCr420)においてそうである。上記工程によれば8~10t/タンディッシュの鑄造も可能である。ここでは電気炉(EF)-脱ガス(RH)-下注造塊(IC)プロセスと電気炉(EF)-取鋼精錬(LF)-脱ガス(RH)-連続鑄造(CC)プロセスにおける溶解方法、電力量、精錬特性の比較について述べる。

2 EF-LF-RHプロセスの特徴

Table 1にEF-LF-RH-CCプロセスにおける各々の設備概要を示す。EFはスクラップの溶解、LFは精錬、化学成分の粗調整、温度調整、RHは脱ガス、化学成分の微調整といった役割りをもたせている。

Fig. 1にEF-LF-RHプロセスとEF-RHプロセスにおける電気炉操作パターンを比較している。EF-LF-RHプロセスはEF-RHプロセスに見られるような溶落後のスラグオフ、造滓、精錬というような操作はなく、スクラップの溶解と若干の流滓のみとなっている。電力量は前者プロセスの場合で360~370kwh/t-melt、後者プロセスの場合で420~430kwh/t-melt、である。従って、LFでの約60kwh/t-meltを加えれば、いずれのプロセスとも電力量の差異は見あたらない。

Fig. 2にLFの昇温過程の1例を示す。60kwh/t-meltの入力に対して溶鋼温度の上昇は約60℃であり電力の熱効率率は約50%となる。従ってEFでの昇温時の熱効率率約40%に対して約10%の熱効率率向上がうかがえる。

しかしEF-LF-RHプロセスの場合においても出鋼直前にEF中への合金鉄の添加を行っている。

FeSiの添加は出鋼時のスラグオ

Table 1. Major dimensions of FF-LF-RH unit

EF	Shell diameter Transformer capacity Max. secondary current Max. secondary volt. Rated secondary volt. Electrode diameter Av. tap to tap time Nominal capacity	7.0M 70 MVA 70 KA 900V 585V 24 inches 75 min. 90 ton
LF	Transformer capacity Max. secondary current Max. secondary volt. Rated secondary volt. Electrode diameter Operation time	12 MVA 31.5 KA 325V 220V 14 inches 30-60 min.
RH	Type of vacuum pump Capacity of vacuum pump Operation time	Steam ejector 400kg/h at 0.5 torr 20-60 min.
CC	Type of machine Number of strand Bloom size Max. withdraw speed	Vertical bloom caster 3 370x470 mm 0.65 m/min.

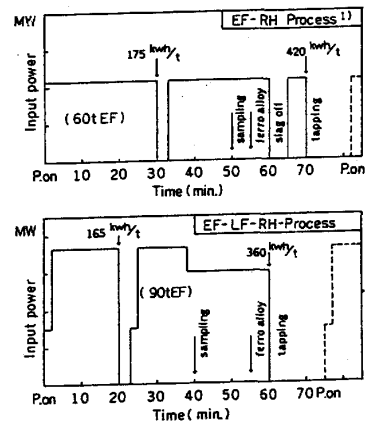


Fig. 1 Power input model of EF

Table 2 Yield of ferro alloy (SCr420)

	EF-LF-RH process			EF-RH process	
	EF	LF	RH	EF	RH
Si	0	60	100	40	100
Mn	40	95	100	80	100
Cr	50	100	100	92	100
Al	-	50	70	-	50

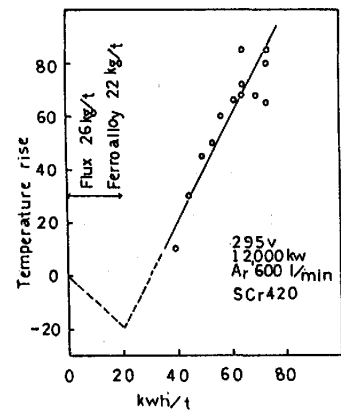


Fig. 2 Relation between kwh/t and temperature rise of LF

パーフロの防止のため、ある程度の炉中脱酸が必要となるためであり、FeMn、FeCrの添加は後続のLF工程においてC%のピックアップのために比較的安価な高炭素系のFeMn、FeCrに使用制限があるためである。

Table 2にSi、Mn、Crの歩留りを示している。EF-LF-RHプロセスではLFでの復リン防止のため、出鋼後のスラグオフを十分に行っている。EF中に投入された合金鉄の歩留りが低いのはそのためである。合金鉄の投入時期、投入容器の選択が重要となり今後の課題として残されている。

3 EF-LF-RHプロセスの必要性と精錬特性

後続工程に連铸設備をもっている場合、特に連々铸を必要とする場合には、化学成分、時刻はもちろんのこと、シビヤ-な温度コントロールと十分な精錬が必要となってくる。

このためにもLFがそのバッファ-となり、精錬容器となり、このプロセスの必要性がうかがわれる。

Fig. 3は溶鋼温度推移の1例をEF-LF-RH-CCプロセスとEF-RH-ICプロセスを比較している。

また、Fig 4に示すようにRH処理開始時の溶鋼温度、RH処理中の平均温度降下速度($^{\circ}\text{C}/\text{min.}$)を比較しても明らかにEF-LF-RHプロセスの方がそのバラツキが小さく、RH処理終了時刻、終了温度の予測が容易であり、RH処理中の溶鋼温度降下速度が小さいことは取鍋耐火物への含熱が十分であり铸造中のタンデイッシュ内溶鋼温度降下が小さくなり、铸造中のノズル閉塞防止に大きな効果を発揮しているといえる。

一方溶鋼精錬はほとんどがLFに移行されることになる。その精錬特性の1例を溶鋼中酸素濃度の変化としてFig. 5に示す。

EF-RHプロセスの場合はRH終了時点にて20~30ppmのレベルまでしか下らないが、EF-LF-RHプロセスの場合はLFの終了時点にて、すでに10~30ppm程度にまで下り、RH終了時点では約10ppmにまで下り得ることがわかる。従って铸造直前にてすでに10~15ppmの差が見とめられる。またFig. 6に示すようにビレット中酸素量で約4ppmの差がある。

これはRH終了時点における取鍋内の塩基度の差異によるものと考えている。

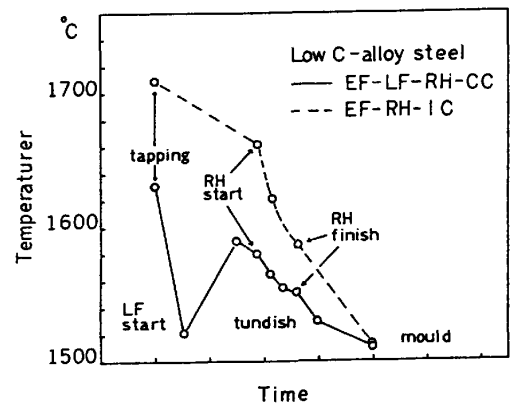


Fig.3 Change of temperature

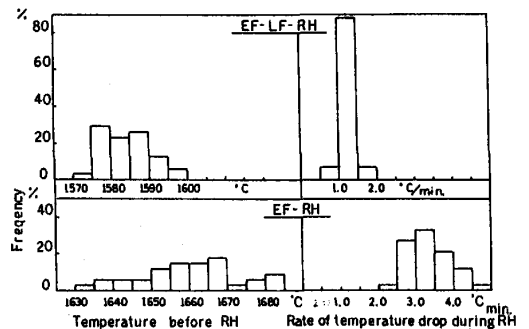


Fig.4 Example of temperature before RH and rate of temperature drop during RH treating

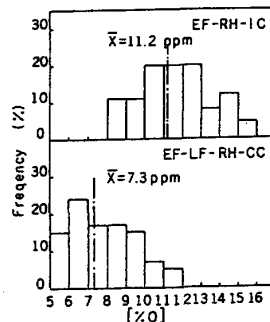


Fig.6 Oxygen content in billet (Low C-alloy steel)

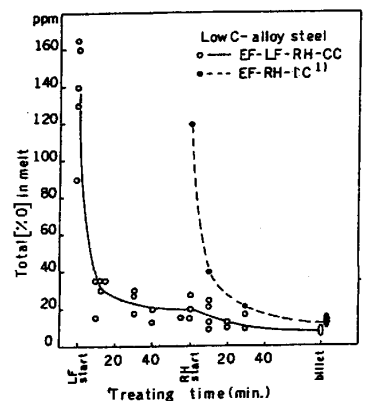


Fig.5 Change of [%O] in molten steel

一方、脱硫に関しても Fig. 7 に示すごとく、LF の導入により、塩基度 4.0 ~ 5.0 の場合で 40 ~ 50 分の精錬時間にて $[S] < 0.010$ を得ることが容易であるが被削性を要求されている鋼種には 0.015 ~ 0.020 % としている。しかし Fig. 8 に示されるように溶落時の $[S]$ が多少高くとも脱硫能力が十分にあるため、装入材料の S % 品位を落すことが可能である。

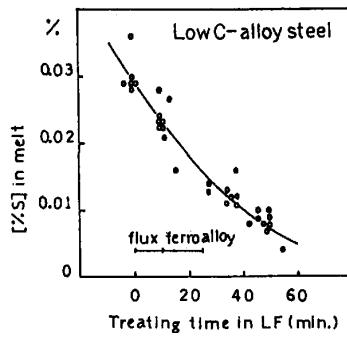


Fig. 7 Change of $[S]$ in molten steel

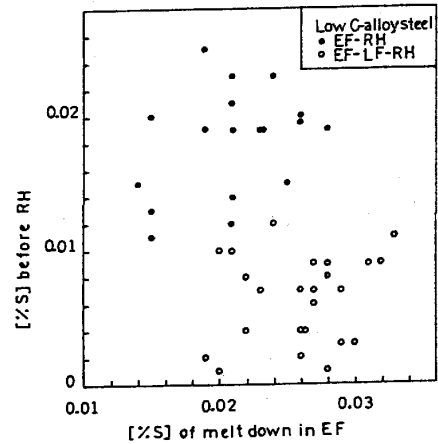


Fig. 8 Relation between $[S]$ of melt down and $[S]$ before RH

4 まとめ

後続工程に BL-CC をもつ EF-LF-RH プロセスと後続工程が IC である EF-RH プロセスにおける電力量、合金鉄歩留、温度変遷、酸素濃度変遷などの比較を行い、その特徴を明確にした。

5 参考文献

- 1) 杉山 第 72、73 回西山記念講座