

討13

LF法の精錬特性とその応用

大同特殊鋼(株) 中央研究所
 星崎工場
 渋谷工場

○湯浅悟郎
 矢島忠正
 鶴飼 敦

1. 緒 言

製鋼史上画期的な発展を遂げた炉外精錬法の中に、電極加熱装置を備え広範囲かつ柔軟性の高い精錬操業を特色とする取鍋精錬炉がある。当社の開発になるLF法もその一つであって、最近その便利さ、応用領域の広さが鉄鋼業界全体に認められる様になった。本法は現在国内の多数の製鋼プラントにその対象製品の如何に拘わらず相次いで導入され、また西欧への技術供与も行われている。本報ではLF法の有する諸機能と、得られる精錬・操業上の諸効果を概括的に紹介し、更にその応用の実例としてほゞすべてのLF設置工場における用途、活用状況等を取りまとめて報告する。

2. LF法による精錬の特徴

LF法は、真空精錬を主要な手段とする他の取鍋精錬炉に比し、スラグ精錬を採用し電炉還元期のすべてを肩代りする目的で開発されたプロセスである。それ故その役割は、脱酸、脱硫、介在物除去、金属酸化物の還元、温度・成分の調整、多量の合金添加等すべての還元期操業にわたる。必要な場合は真空処理を併用して脱ガスも行うし、傾動装置を取り付けてスラグの除去や更新を行う場合も多い。

LF法の精錬原理をFig. 1に示す。本法固有の精錬特性を与える機能は、①無酸化雰囲気、②Arガス攪拌、③サブマージドアーク加熱、④高塩基性白滓である。これ等は相互に関連して効果が向上し、還元精錬を理想的な条件下で行う事ができるので、従来の電炉鋼に比し著しく高品位の清浄鋼を確実な再現性をもって溶製しうる。

このため、LF法はその開発当初専ら高級特殊鋼の精錬に利用され、品質の向上、不良の減少、コスト低減等に、顕著な効果をあげた。特に複雑な組成の調整、合金歩留、大量の合金添加等が問題となる高合金鋼の溶製には大変

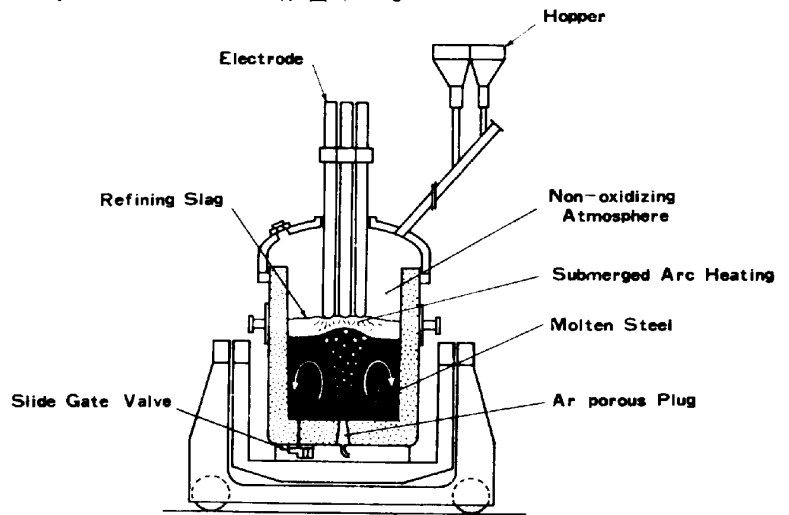


Fig. 1 Principle of LF Refining

Purpose	Grade	General pattern of LF processing	Contents
(1) Recovery of metal oxide	Alloy tool high speed	Slag-refining (Reducing of metal oxide) 50'	Metal contents in slag $\Sigma(V, W, Mo, Cr, Mn) < 0.5\%$
(2) Improvement of cleanness	Low alloy	100% SO Vacuum Slag-refining 50'	S ≤ 30 ppm O ≤ 20 ppm
	Super alloy heat resistant steel (R. 26, Inco 800)	100% SO Slag-refining 40'	O ≤ 10 ppm
(3) Vacuum carbon deoxidation	Low alloy (VCD method)	100% SO Slag-refining 50% Vacuum Heating 80'	Si ≤ 1.0% Al ≤ 0.02% (Al free steel) O ≤ 30 ppm
(4) Deoxidation Dehydrogen Denitrogen Desulfurization	Ni base alloy (42Ni, 78Ni)	100% SO Vacuum Slag-refining 50% SO Vacuum Heating 120'	Same quality of VIF O ≤ 20 ppm H ≤ 2.5 ppm N ≤ 20 ppm S ≤ 1.0 ppm
(5) Hydrogen removal Chemistry control	Low alloy carbon steel etc.	50-90% SO Vacuum Heating 40'	1 point control of chemistry H ≤ 1.2 ppm Temperature control within 5°C etc.

Fig. 2 Several processing patterns in LF (Daido, Shibukawa)

貴重なプロセスであった。

これ等特殊鋼の溶製を通して変わった精錬法も幾つか確立されている。無酸化雰囲気と攪拌の効果を利用したスラグ中金属酸化物の還元、脱酸剤を添加せず白滓のみを利用する拡散脱酸法等はその例である。また特に鋼中水素量の低減を要する時は真空処理を併用しているが、これには既存のRH設備が使われる場合が多い。RHは鍋中のスラグが脱ガスの邪魔にならぬので、LFとの組合せに適した脱ガス法と言える。

3. 精錬の様式と実績例

Fig. 2 は大同波川工場の30t LFにおける精錬からいくつかの代表的な様式を選んだものである。この工場は鍛造用の大型鋼塊を製造しており、LF取鍋を真空引して脱ガスするレードル脱ガス方式を採用している。

様式(1)はスラグ中の金属酸化物の還元が目的で、高速度鋼、高合金工具鋼等の溶製に適用される。電炉スラグはそっくりLFに移し、Ar攪拌でSi還元反応を促進し、有価金属は略完全に回収されている。様式(2)は清浄鋼精錬が目的で高級鋼の製造に広く適用している。電炉酸化スラグは精錬前完全に除去し、LF独自の精錬スラグを鍋中で造滓する。下段の様式は超耐熱合金等を対象にした場合で、精錬後はVAR用電極に鋳込まれる場合が多い。様式(3)は脱酸剤を使わず真空カーボン脱酸仕様の精錬であり、スラグによる拡散脱酸を行う処に特徴がある。様式(4)はVIFに匹敵する入念な脱ガスを要する高合金材の場合である。

最後の様式(5)が一般量産鋼の電炉還元精錬を肩代りする場合で、特別高度な清浄度は要求されぬものの、成分、温度、鋳込時刻の制御を要求される場合が多い。

Fig. 8 に LF 精錬の1例を示す。これも波川の30t LFで、

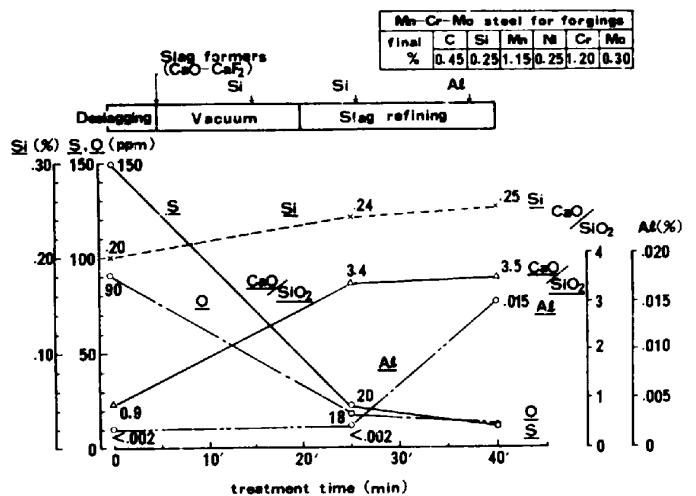
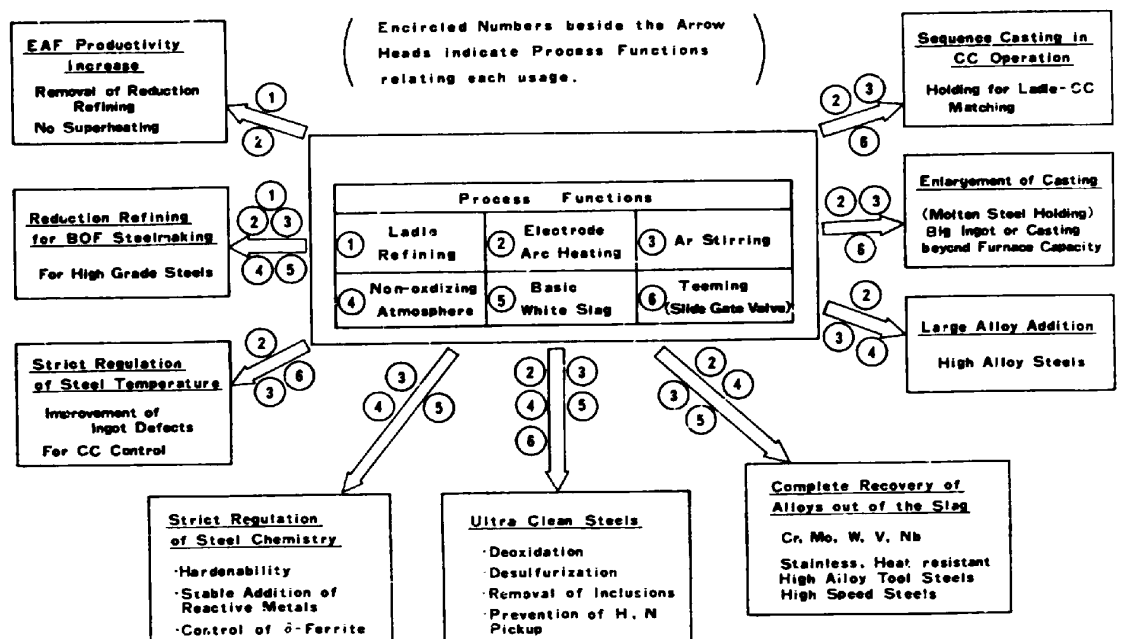


Fig. 3 Change of impurity contents by slag refining with vacuum (Mn-Cr-Mo steel for forgings, Daido, Shibukawa)

Fig. 4 Relation of the Refining Functions and Usages of LF



低O, 低Sを狙った鍛造品用の中炭素合金鋼について得られた結果である。電炉の溶鋼を出鋼時に予備脱酸し、LF取鍋にて除滓した後精錬スラグを造滓して真空処理し、次いで加熱しながらスラグ精錬を行った。かくして合計40分の精錬の結果、OとSは共に略10ppmの水準に低下している。

4. LF法の種々な用途

LF法は多面的な応用の可能性を持つプロセスで、その現行の種々な用途はFig. 4に示した通りである。図中矢印横の丸番号は各の用途に寄与するLF精錬の諸機能を表わす。

本法の基本的な適用法は、当初の目的の通り特に清浄な高級鋼の溶製にある。しかしその後、次第に精錬外の溶解造塊工程の合理化に活用される様になり、応用領域は著しく拡大し、設置数も増加した。

LF法は電炉の還元期を一切不要にするので、炉の生産能率は顕著に向上する。また転炉と組み合わせれば、転炉鋼の還元精錬ができる様になり、高級鋼や新製品の製造が容易になる。更に成分や铸込温度を厳密に制御できる機能は、鋼焼入性の適中化や、铸込条件の難しい特殊鋼のCC化にも利用されている。

最近著しく増加した用途が、CC多連铸操業の円滑化に対するLFの溶鋼保持機能の応用である。電炉の出鋼回数を上げ、鋼を清浄化し、かつ連铸機とのマッチングを計る一石三鳥の利用法であり、LFは次第に連铸にとって重要な随伴設備になりつつある。

5. LFの実用状況

LF法は現在、我国鉄鋼各社に広く導入され、今後尚かなり増える見込である。その理由は本法が電炉還元期を完全に代替しうるプロセスであること、多面的な応用が可能なこと、更に設備構造が簡易でその割に経済効果大きい、といった点にあると思われる。昭和57年9月現在で、LF設備を設置、或は導入を決定した国内の事業所は、鉄鋼一貫6、特殊鋼事業9、普通鋼電炉6ヶ所であり、その基数の合計は23基に達した。この他海外の設置が2基ある。 Fig. 5 にLF法の普及の推移

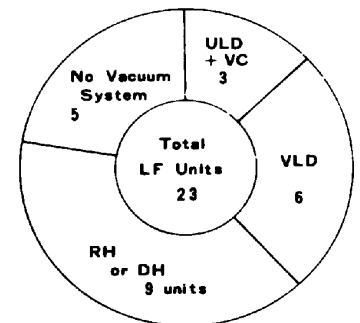


Fig. 6 Number of LF unit combined with each vacuum process.

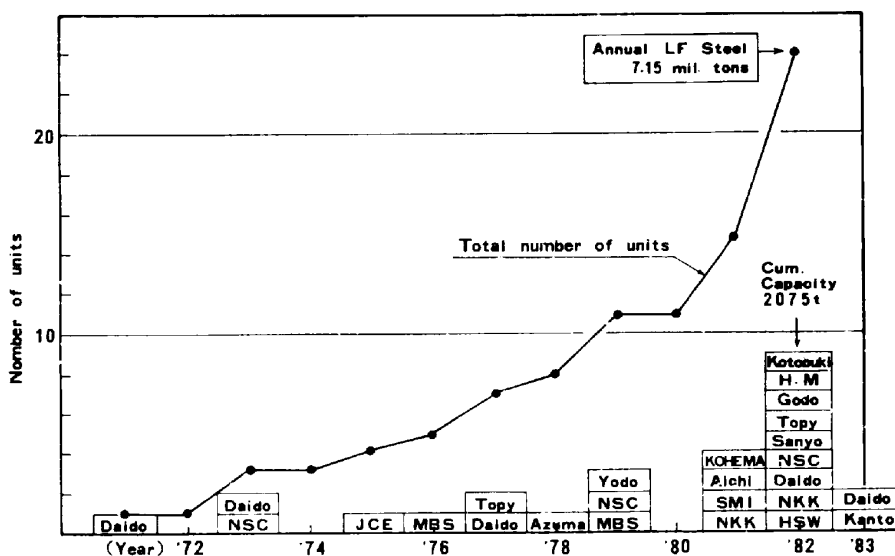


Fig. 5 Growth of LF installation

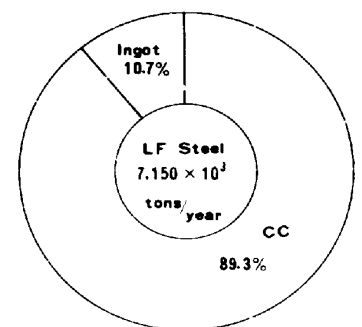


Fig. 7 Percentage of LF steel produced by different castings.

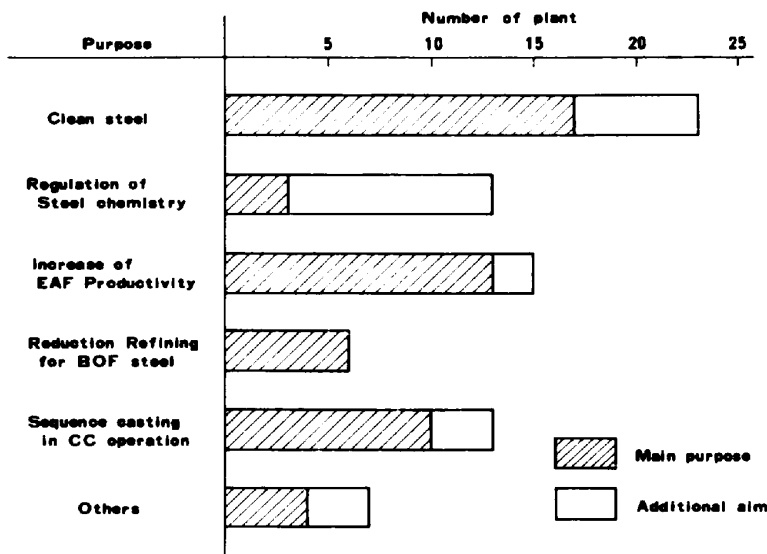


Fig. 8 Frequency diagram on the purpose of LF processing at the steelplants having LF installation.

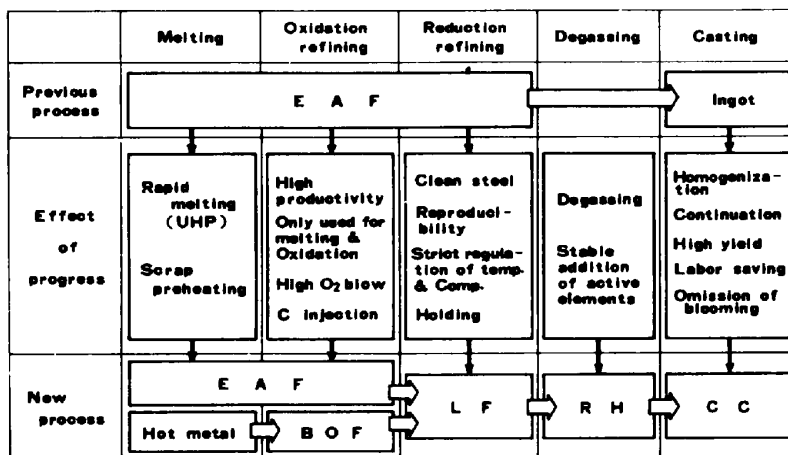


Fig. 9 Progress of steelmaking process for high quality steels

6. 今後の高級鋼精錬プロセス

多様な炉外精錬法の出現は、溶解設備の機能专业化を促す結果になったが、LF法の普及はそれに拍車をかけ、電炉の用途は益々溶解と酸化精錬のみに限定されて行くと思われる。転炉-LFの組合せも相次いで増えており、精錬に関する限り曾っての電炉の優位性はもはやその根拠を失ってしまったと言える。

Fig. 9は我国における高級鋼の製造工程の進歩を要約したものである。最近の高級鋼溶解プラントは、相次いで図に示した製造ライン、即ち 溶解炉-LF-RH-CC という工程を整備しつつある。新工程の特徴は精錬を専業化した幾つかのプロセスの多重処理であって、その方が効率的であり総合的に優るといふ答が出されたと思倣して良いであろう。ごく近い将来に我国特殊鋼の大半はこの新工程により製造される様になると思われる。

を示す。

様々なLF設置プラントにおいて、このプロセスがどのような使われ方をしているかを概括的に表したのがFig. 6~8である。LF精錬は元素真空処理に依存しないが、脱水素レベルの向上を狙って脱ガスを併用する場合が多い。既に多くのプラントはLF以前に脱ガス設備を有しており、又LFの温度補償の故に脱ガス処理もやり易く、高級鋼の溶製に対しては両者の組合わせ、特にLF-RHの二重処理が主流になりつつある。

LF処理鋼の鑄込法は圧倒的にCCが多いが、この傾向は最近特に加速されている。特に高級鋼のCC化については、溶鋼の清浄度の向上、脱酸剤の調整、温度の厳密な制御等、LF本来の精錬機能を発揮する課題も多い。

本法は、それを導入した各製鋼プラントに固有な実情に合せ様々な使われ方をしているけれども、最も共通した目的はより清浄な高級鋼への指向である。しかし品質の向上はその経済効果を量るのが難しく、殆どのプラントは溶解炉の生産性向上、高級鋼の工程合理化、多連鑄の安定操業等個別に実益の高い目標を持ちその成果を追求しつつあると言えよう。