

製鋼技術의 現況과 展望

尹 稷 湘

(獨 sudwetfalen責任研究員)

製鋼技術의 現況과 展望

世界年間粗鋼生産量은 1974年을 期하여 드디어 7億屯의 境界를 超過하였으며 이는 1960年度의 實績을 基準으로 보아 量的으로 倍加하고도 남는 結果이다. 지난 五年間의 實績만을 돌이켜 보더라도 1億屯 以上の 量的增加를 나타내는 놀라운 發展速度라는 것을 쉽게 알 수 있다.

이 境遇에 技術의으로 或은 經濟의으로 非能率의인 製鋼法의 產物인 Thomas 轉爐鋼이나 平爐鋼의 點有率이 急激히 減退하는 反面 高度의 技術發展의 結果로 開發된 酸素轉爐 或은 電氣爐 製鋼方法이 製鋼業界를 席卷하게 된 點에 特別히 注目할 價値가 있다. [Fig. 1]

于先 酸素轉爐製鋼法의 急激한 生産性 向上은 [Fig. 2] 大容量 轉爐 建造技術이 確立과 操業技術의 출기찬 開發로 因한 吹鍊時間의 短縮등에 힘입은 바가 크다 하겠으나 이러한 製鋼技術의 發展에는 關聯附帶施設 例를 들어 多孔 Lance의 開發, Lance의 昇降裝置, 轉爐의 傾動裝置, 또는 短時間內에 多量의 古鐵을 裝入할 수 있는 Scrap Charging 施設, 大容量 Torpedo-Ladle 建造技術開發에 依한 所要熔銑 供給能力의 確立, 耐火材料의 質의 改善으로 因한 轉爐自體의 稼動率 向上등의 背景의인 뒷받침이 큰 役割을 하고 있다는 것은 잊을수 없는 事實이라 하겠다.

이러한 轉爐容量의 擴張 및 吹鍊時間의 短縮等에는 製鋼反應의 正確한 工程 制御技術의 確立이 吹鍊技術 全般에 걸쳐 必要 不可欠한 要素로 登場하였으며 이에 至大한 貢獻을 하였다는 것은 再言할 必要가 없겠다. 이와 反面에 熔鋼의 溫度, 成分 등의 測定하여 轉爐反應中 이를 適時에 調整함에 있어서는 오늘날 常識으로 되어 있는 極히 짧은 吹鍊時間에 適合한 方法을 찾기 힘든 事情에 있다. 이러한 짧은 吹鍊時間을 基準으로 생각할 때 熔鋼成分을 分析 確認하는데에는 相對的으로 보아 많은 時間은 浪費하는 結果가 되었으며 따라서 轉爐의 生産性에 까지 큰 影響을 미치게 되었다. 나아가서는 熔鋼試料採取, 試料準備에 所要되는 時間마저 試料分析 및 分析結果傳達에 所要되는 時間과 對等한 重要性을 갖게까지 되는 立場에 到達하였다.

近來 이러한 關點에서 熔鋼의 成分 및 溫度를 轉爐外에서 調整하여 上記 難點을 解決하고 따라서 酸素轉爐 自體는 脫炭 및 所要出鋼 溫度를 保障하는 任務만을 갖게 하는 方向으로 工程을 合理化하려 努力하고 있다. 例로 轉爐製鋼 開始前에 Ladle이나 Torpedo-Ladle에서의 脫硫, 轉爐出鋼後의 Ladle Treatment에 依한 脫磷 或은 加炭調節 或은 Ladle-Nelt의 Gas洗滌 乃至 脫酸處理 或은 眞空處理 등을 들 수 있다. 出鋼溫度가 充分히 높은 境遇 이 모든 作業을 遂行할 수 있으며 Scrap 등의 添加에 依하여 願하는 鑄込溫度를 安全하게 適中시킬 수도 있다.

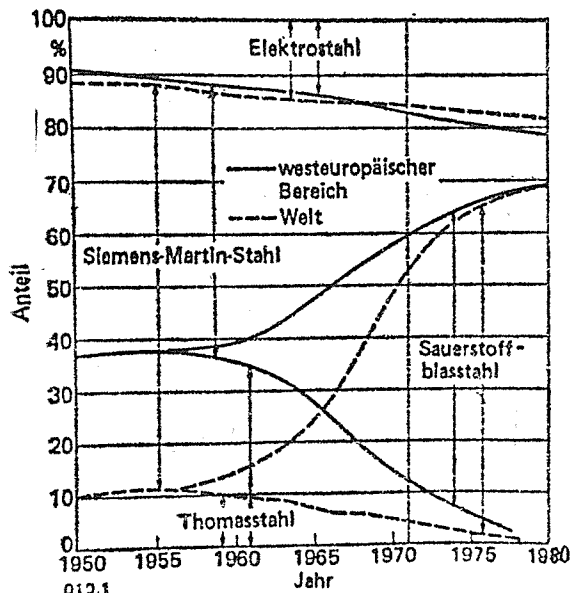


Fig. 1 : 組鋼生産에 있어서 各種製鋼方式의 占有率 變遷 (—) = 南歐諸國 : (---) = 世界

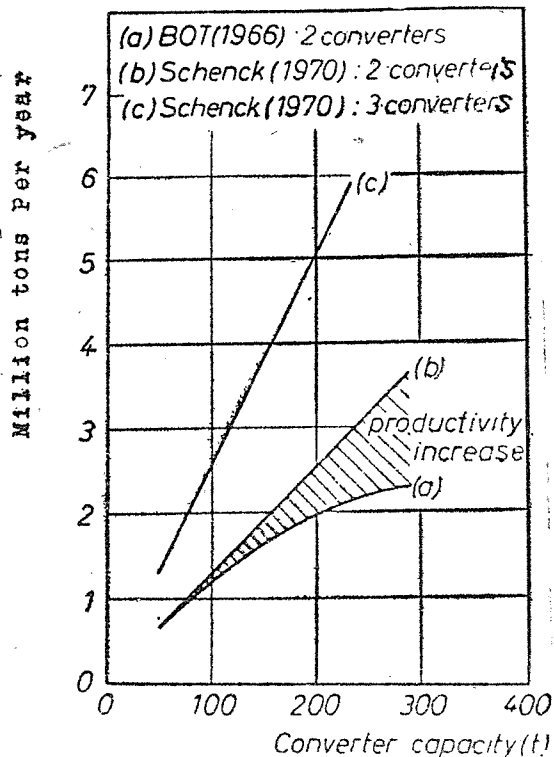


Fig 2 : 轉爐容量과 年間先鋼量과의 關係

出鋼後의 眞空處理는 오늘날 여러가지 方法으로 할 수 있으며 이의 主目的은 脫 Gas, 極低炭素鋼製造, 其他 合金成分의 正確한 調節, Ladle-melt의 成分 및 溫度의 均一化를 期함에 있다. 經濟的으로 볼때에는 이러한 爐外處理를 함으로써 Tap-to-tap-time이 短縮되는 結果 轉爐 自體의 生産性을 向上시키는 結果가 된다.

結果的으로 酸素轉爐 製鋼法은 오늘날 놀라운 만한 製鋼能率을 나타내고 있으며 上述한 工程의 改善에 依하여 多様な 鋼種을 優秀한 品質로 生産할 수 있는 길을 열어 놓았다.

그러면 酸素上吹轉爐製鋼法이 이러한 發展을 하고 있는 反面에 어떠한 製鋼法이 새로 이開發되고 있는가?

于先 近來 흔히 들게 되는 OBM 製鋼法을 들어 보자. OBM-Process의 開發者인 西獨 Maximilianshutte의 元來의 目的은 當社 既存의 Thomas 轉爐를 酸素吹精에 利用하려 하였던 것으

로 이 所願을 成就시킨 根本 idea는 그림에서 보는 바와 같이 2個의 同心配列된 鋼及鋼管을 爐底에 配列하여 中心鋼管을 通하여 吹込되는 酸素가 이 2個의 同心配列된 管 사이의 틈을 通해 흐르는 流體(例를 들면 Propan 或은 重油 等)에 감싸이며 또 이들 Protective Fluid의 冷却作用에 依하여 純酸素 吹込임에도 不拘하고 이러한 Nozzle을 통한 酸素底吹가 可能하게 된다는 것이다. [Fig. 3]

이러한 Oxygen Bottom Blowing Process가 成功한 以來 西歐諸國의 Thomas 轉爐는 低廉한 地域으로는 改修費로 속속 OBM-轉爐로 變모 하였으며 歐洲 以外의 地域으로는 u. s. Steel이 200噸級 大型 OBM-轉爐를 새로 建造하였다. 이 製鋼法은 非歐洲地域에서 Q-BOP Process로 불리워지고 있다.

OBM-Process의 特徵으로는 底吹로 因한 Soft Blow가 可能하므로 排氣中の dust의 含量이 적

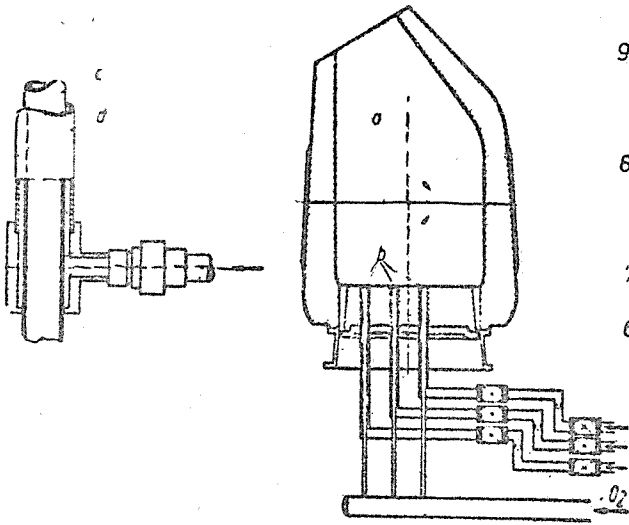


Fig. 3 : OBM-轉爐의 概略圖

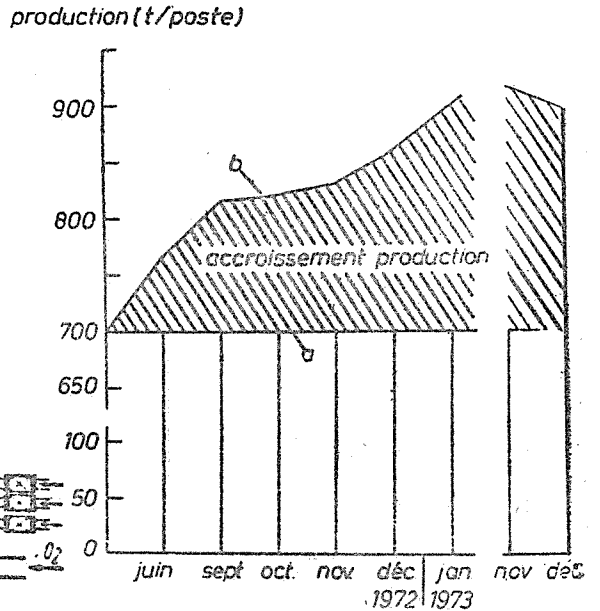


Fig. 4 : Thomas轉爐(a)를 OBM轉爐(b)로 改築함으로써 起固된 先鋼量의 增加

이 除塵設備費가 比較的 적게 들고 또 上吹法에 必要한 Lance 附帶施設이 不必要하므로 높은 建物이 不必要하는 등 建設費가 낮고 Soft Blow의 結果로 같은 轉爐容積으로 上吹法에 比하여 出鋼量을 增加시킬 수 있고 上吹法에 比해 有利한 熱效率의 結果 Scrap의 裝入量을 增加시킬 수 있는 結果 全體的으로 生産能率의 向上이 期待된다고 한다. [Fig. 4]

이와 反面에 Q-BOP Process에 있어서는 底吹로 因해 爐底壽命이 짧고 그 結果 爐壁과 爐底의 壽命이 一致하지 않아 結局은 Q-BOP Converter의 稼動率에 對하여 細心한 經濟性을 分析하여 餘地가 있으며 적어도 爐底改替裝置가 追加로 必要하게 되는 것 만은 事實일 것이다

또 Q-BOP轉爐의 容積이 增加함에 比例하여 底吹用 Nozzle의 數도 增加할 것이니 이 境遇에 있어서의 爐底壽命을 어떻게 될 것인지에 對하여도 檢討하여야 하며 Nozzle의 構造上 hydrocar-

bon系의 protective fluid가 使用되므로 吹鍊中 熔鋼에 溶解된 水素를 例를 들면 低價의 窒素 Gas를 使用하여 洗滌하지 않으면 아니되는 境遇 鋼浴中의 窒素含量이 LD-鋼의 窒素含有量보다 높을 것이라는 것도 豫想된다.

이렇게 볼 때 이 Q-BOP Process가 現在의 王座를 빼어낼 만큼 分明한 長點을 提供한다고 말하기는 그리 쉽지 않을 것 같다.

다만 高磷洗 吹鍊에 있어 Q-BOP Process에 依하여 磷含量을 平衡值에 近似하게 낮출 수 있다는 點 或은 Q-BOP Process에 依하여 石灰粉 또는 其他 冶金反應에 必要한 固體粉末을 Gas를 搬送體로 하여 熔鋼內에 吹込할 수 있고 또 熔鋼의 成分 및 溫度를 均一化시킬 수 있다는 點 등이 亦是 Q-BOP Process의 重要한 長點에 屬할 것이다. 또 將來 世界的으로 品貴되어 가는 Scrap 事情에 依하여 古鐵代身 海綿鐵을 鋼浴의 冷却劑로 使用하게 될 境遇 Q-BOP Process가

LD-Process에 比하여 보다 큰 適應性을 發揮할 것이다.

아직 現場의인 實行例는 없지만 Q-BOP Process에서 Hydrocarbon系의 Protective Fluid를 酸素와 同時 使用하므로 이 製鋼法을 Gas 混合比率(再言하면 吹精 Gas의 Oxygen Potential) 調節 如何에 따라 高크롬鋼浴의 脫炭時 所謂 Selective Refining에 應用하려 하는 試案도 있다.

다음 熔銑을 基礎로 하는 製鋼法 以外에 Scrap을 主原料로 하는 電氣爐 製鋼法을 생각하여 본다.

近來 發電容量의 增大로 大容量 變壓器의 採用이 可能하여 졌으며 이에 따라 電氣爐의 製鋼能率은 急速히 上昇하였으며 電氣製鋼法의 經濟性은 Scrap의 價格如何에 따라서는 轉爐製鋼法과 匹適할 수도 있다. [Fig. 5] Scrap을 出發原料로 하는 電氣爐方式은 鑛石處理, Cokes 製造, 製銑등의 設備가 必要없어 于先 施設設備가 낮은 以外에 Product Mix를 要領있게 制限 選定함으로써 堅固한 經濟性을 發揮할 수 있는 所謂 Mini-Mill Concept에 該當한다.

다만 純全한 Scrap을 原料로 出發할때 古鐵中에 包含되어 있는 pb, Sn, Cr, Cu 등 阻害元素가 熔鋼中에까지 到達하므로 實際의 經過 이므로 因해 많은 碍路가 생긴다. 이러한 點에서 電氣爐 製鋼法에 直接 還元施設을 附加하여 海綿鐵을 出發原料로 하는 製鋼 Concept를 생각할 수 있는데 이 機會에 直接 還元法의 現況을 概觀하여 보기로 한다.

直接還元法에 依하면 周知하는 바와 같이 鐵鑛石이 固體或은 氣體還元劑에 依하여 固形의 海綿鐵로 轉換되며 在來의 製鋼法에 反하여 脫炭吹鍊 및 이로 因하여 過度히 上昇하는 熔鋼中の 酸素含量을 減少시키기 爲한 脫酸 作業이 不必要하게 되는 등 冶金學의 方法이나 在來의 BF/LD Route에서는 銑鐵중에 飽和되어 있는 炭素가 熔銑의 融點을 낮추며 또 이 炭素가 吹鍊作業에서 發熱劑로 作用한다는 點을 생각할 때 上記 두가지 製鋼 Route의 Heat-Balance는 거의 對等한 程度가 될 것이라 생각 된다.

直接還元法을 實現하기 위하여는 여러가지 工程施設과 還元劑를 생각할 수 있으며 따라서 現在까지 數多한 工程의 提案이 發表되어 왔다. 大別하여 Moving Bed-(Wanderbett-Verfahren 例Höganäs法), Retort-(例 Hyl-法), Shaft Furnace-(Wieberg-, Midrex-, Purofer-Armco法 등), Rotary Kiln-(Krupp海綿鐵法, SL/RN法) 그리고 Fluid Bed(例 FIOR法)—Process등을 들 수 있다. 全世界에 建設되어 있는 直接還元施設의 容量은 總合 年產 480萬屯 程度로 推定되며 이중 大略 81% 程度의 容量이 稼動되고 있는 實情이다.

現在 企劃중인 施設들을 檢討하면 產油國에서는 Shaft Furnace法(主로 Midrex-, Purofer-, Armco- Process)과 Report法(Hyl-Process)이 우선적으로 選擇되고 其他 石炭利用可能地域에서는 Rotary Kiln法이 採用되고 있다는 것을 알 수 있다.

直接還元法이 近來 急激히 關心을 모으고 있는 重要한 理由로는 世界的인 Cokes 및 古鐵事情의 變展과 關聯되어 있다고 보나 이중 全生産價의 30% 程度를 點有하는 還元制 問題 以外에 各其 提案된 直接還元法에 使用되는 原料의 適性和 價格을 함께 考慮하여야 한다. 특히 海綿鐵중의 脉石의 含量과 電氣爐 製鋼時의 所要 電力 費用과의 關係를 생각하여 볼 때 將次 直接還元の 原料로 Pellet Charge가 不可避하게 될 수도 있다는 推理를 하여 볼 때 Green Pellet를 使用할 수 있는 工程上의 研究가 要望된다.

Green Pellet의 使用은 Kiln法에서 이미 成功의 으로 應用되고 있으며 Shaft Furnace法에서도 이 方向으로 많은 研究가 進行되고 있는데 이 點이 現實의 으로 實踐되는 境遇經濟의 으로 많은 이익을 가져올 것이다.

前述하였던 Mini-Mill Concept로 돌아가 電氣爐 製鋼法에 海綿鐵을 利用할 目的으로 直接還元施設을 追加한다면 企業的인 面에서 벌써 Mini-Mill의 Concept를 벗어 나게 되며 이러한 境遇 還元 Gas가 매우 싼 값으로 利用될 수 있으며 또 다르게 考慮할 餘地가 생길 것이다.

이러한 點에서 먼 將來의 이야기이나 原子力

을 利用한 石炭氣化方法 등이 開發되기를 바라 마지 않는 바이다.

끝으로 現在 여러가지로 試圖되고 있는 連續 製鋼法에 대하여 略述한다. 製鋼施設을 合理的 으로 企劃하여 製鋼單價를 節減시키려는 企業의 인 觀點에서 在來의 非連續製鋼方式을 採用하는 모든 生産施設은 一路 大容量 單位로 變모하여 가고 있다. 이제까지 企業性 向上을 目的으로 試圖되어온 모든 努力은 어디까지나 工程의 非 連續性이라는 점이 그 Concept의 共通점이었으나 이에서 한걸음 더 나아가 連續製鋼의 Concept를 생각하게 되었다. 이제까지 흔히 알려진 連續製鋼法들은 주로 熔銑을 熔鋼으로 轉換하는 問題에 主眼을 두고 있으나 原則적으로는 Scrap 나 Sponge Iron에서 出發하는 製鋼方法도 이의 範疇에 補完하여 생각할 수 있다.

連續製鋼法의 長點으로는 製鐵工場內의 諸運 搬施設 등 여러가지 附帶施設이 不必要하므로

施設投資가 節減된다는지 連續製鋼方法인 만큼 (成功的으로 實現되는 境遇) 運營費가 적게 들고 熱經濟性이 向上되며 製鋼工程 全般을 自動化시킬 可能性이 있으며 反應性的 向上으로 Slag의 量이 減少되어 結果적으로 材料 및 Energy 費用이 節減되며 從來의 製鋼法에 比하여 熔鋼중의 不純物을 보다 徹底히 除去할 수 있으므로 鋼質의 向上을 期待할 수 있다는 점 등을 例舉할 수 있다.

이러한 希望에서 이제까지 數多한 連續製鋼法이 提案되고 있는데 이 자리에서는 그의 大略만을 記述한다.

첫째, VOEST—나 BISRA—法에 의하면 自然 落下하는 熔銑의 Stream을 落下方向이나 或은 이에 直角되는 方向에서 酸素를 送吹하며 同時에 石炭 혹은 鐵粉 등의 造滓劑를 追加 供給한다. 現在까지 30 t/h 容量程度의 試驗施設이 稼動되었다.

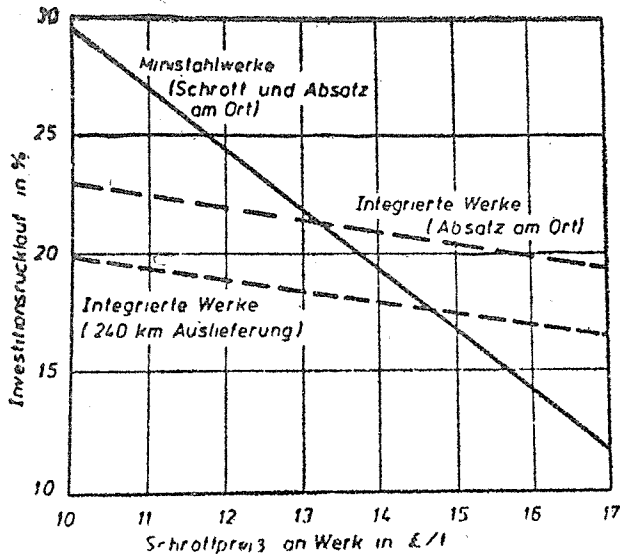


Fig. 5 : 제강 Concept 별로 분석하여본 투자재순환율과 Scrap 가격과의 관계;
 (—) Mini-Mill의 경우 (---) 일관제철소의 경우

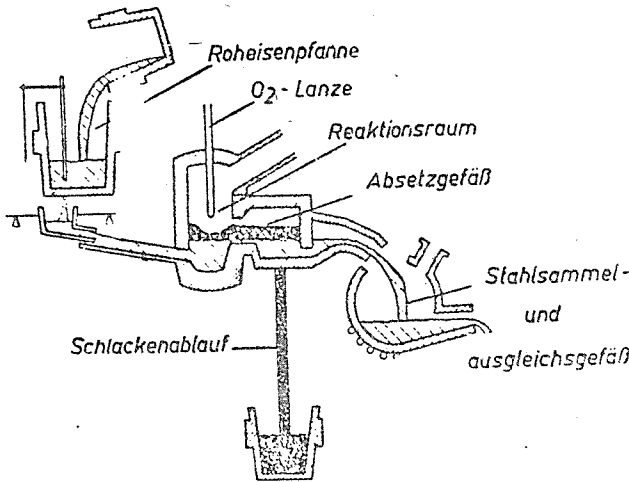
다음 IRSID—법의 施設은 [Fig.] 이제까지 알려져 있는 試案중 가장 많이 進步된 方法으로서 熔銑을 LD—轉爐에서 잘 알려져 있는 現象에 依하여 Slag 중에 Emulsion을 만들어 吹鍊製鋼하는 方法이다. 試驗操業結果에 依하면 吹鍊製鋼중의 不純物의 含量이 充分히 낮고 長時日의 操業에도 좋은 成績을 보이고 있다. 稼動實績은 25-30 t/h 程度까지 到達하고 있다.

日本의 NRIM에서는 Cascade—吹鍊法을 提案하고 있는데 試驗施設의 매 Cascade 當의 容量은 1t/h 程度이다. Bethlehem Steel 과 WOCRA 등에서는 溝型爐 方式에 의한 連續製鋼法을 提案하고 있는데 大略 5-7 t/h 程度의 試驗施設이 試動되고 있다. 이 溝型爐式 連續製鋼法에 의한 Slag 와 Metal 을 Counter Flow Type 로 反應시켜 그의 反應性을 改善하려고 하는 것인데 이와 같은 目的은 WOCRA—法에서 더 分明하게 나타나고 있다.

Counter Flow Type Reaction [Fig.7]을 促進시키고 또 BISRA—나 VOEST—法에서 發生하는 反應制御上的 難點인 噴霧現象을 避하기 위하여 獨逸에서는 Aachen 工大의 Sochenck 一派의 提案에 따라 電磁 Pump 에 依하여 Slag-Metal 間의 Counter Flow 를 制御하고 있다. (Fig.8)

이와 같이 連續製鋼法에 대하여는 여러가지 試案이 있으나 熔銑을 出發原料로 하는 以上 오늘날 같은 大型熔鍊爐의 出銑量에 接續시킬수 있고 또 LD—轉爐와 같이 比較的 廉가로 製鋼할 수 있는 高性能의 製鋼施設에 競爭할만한 連續製鋼法이 確立된다는 것은 아직도 먼 장래의 일일 것이다.

이상 製鋼技術發展上的 몇가지 重要한 問題를 取扱하였는바 이에 다시 綜合하면 製鋼企業의 經濟性向上을 위하여는 既存 製鋼施設의 操業 技術開發 및 改善策에 못지 않게 各己 現地の 原料 및 消費市場 事情을 參酌 製鋼工程 全般에



EMULSIONSFRISSCH-VERFAHREN (Schemaskizze der IRSID Frankreich)

Fig. 6 : Emulsion 吹精方式(連續製鋼에 관한 佛·IRSID의 提案)

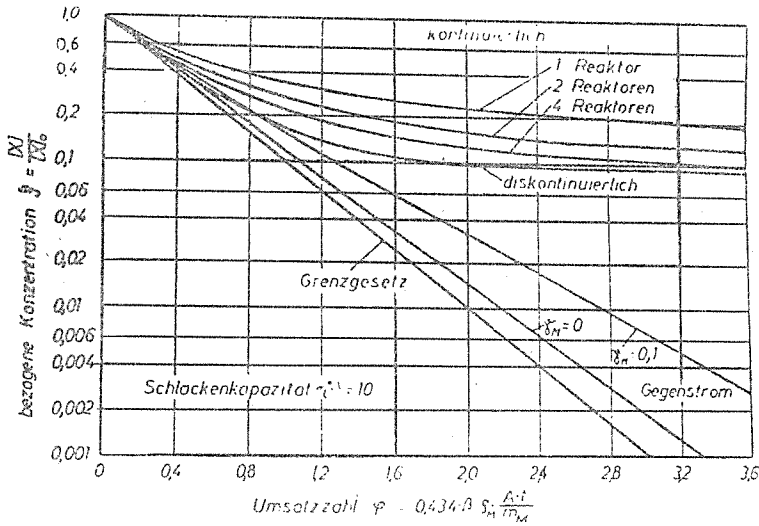
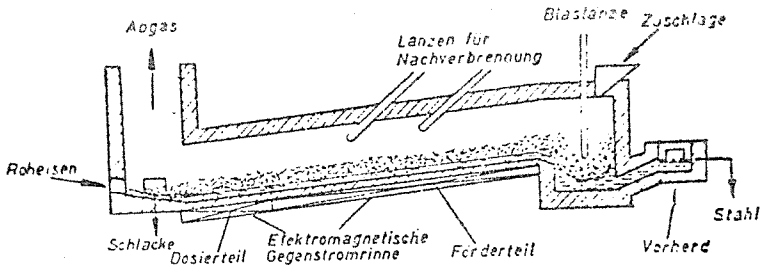


Fig. 7 : 各種反應方式에 있어서의 反應媒體處理量과 精鍊元素濃度와의 關係



GEGENSTROM-VERFAHREN MIT ELEKTROMAGNETISCHER GEGENSTROMRINNE / Schema-skizze der deutschen Entwicklung. (Zeichnungen: Krupp-Hüttenwerke AG, Bochum).

Fig. 8 : 電磁펄루를 利用하는 逆流吹精式(連續製鋼에 關한 獨逸의 提案)

대한 基本 Concept를 選定함이 重要하다. LD-轉爐製鋼技術의 急速한 發展, OBM-Process의 出現 등이 前者의 예에 속한다면 製鋼施設의 大型化, Mini-Mill Concept의 具體的인 實現, 直接還元法의 工業的 規模로 發展 등이 後者에 대한 예로 舉示될 수 있다. 또 鐵鋼製造技術의

長期的인 開發을 위하여는 새로운 製鋼技術의 基礎的인 研究가 뒷받침되는 것으로 思料되어 이에 連續製鋼法의 概要를 紹介하여 보았으며 緊迫하여가는 Energy 事情에 對備하여 原子力을 利用한 石炭氣化技術의 發展狀況에도 注意를 기울여 둘 것을 兼하여 말하고 싶다.