

82年度 簡易에너지센서스 (下)

韓國動力資源研究所

第3節 主要製品的 工程別에너지 消費構造分析

1. 纖維製品

가. 綿紡

紡 纖維種의 主要 生産製品으로는 絲類, 織物類로 区分되며, 綿絲, 綿布, 化纖絲, 化纖織物 등으로 生産되고 있다. 化學纖維를 包含한 紡織業種은 에너지 使用中電力이 熱보다 훨씬 많이 使用되는 것이 特徵이다. 이중 代表的인 綿絲製品의 製造工程, 工程別 에너지 使用, 構成比 및 工程別 에너지 原單位와 外國의 綿絲製品 工程別 에너지 構成比를 보면 다음과 같다.

1) 製品製造工程

綿絲紡績의 製造工程을 보면, 原綿을 原料로 하여 開表(OPENING), 混打(BLENDING), 梳綿(CARDING), 練條(DRAWING)의 準備工程을 거쳐 紡績工程인 粗紡(ROVING), 精紡(RING SPINNING), 捲絲(WIND-

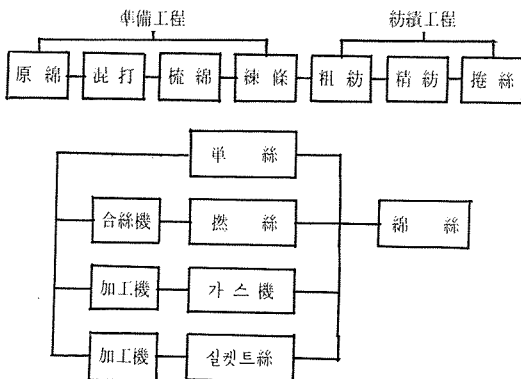
ING)工程을 거쳐 綿絲를 生産하고 있다. 製品製造工程圖는 [그림-7]과 같다.

2) 工程別 에너지 使用 構成比

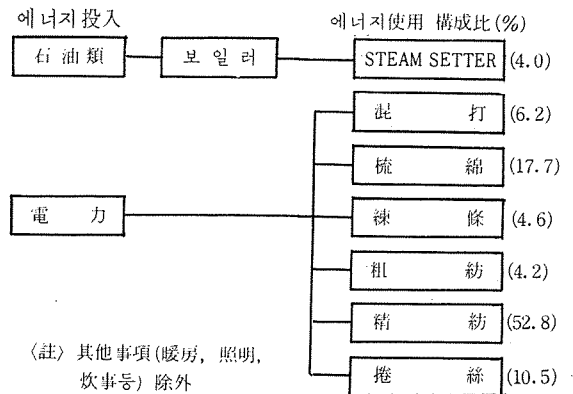
綿絲製品의 工程別 에너지 使用을 보면, 總 에너지 使用中에서 電力이 97%, 燃料(石油類)가 4.0%로서, 에너지源으로서는 主로 電力을 使用하고 있음을 보여주고 있다. 主要 熱 使用設備로는 STEAM SETTER가 있으며, 이때 使用되는 工程溫度는 約 140℃이다. 또한 工程別 使用 構成比를 보면, 精紡이 52.8%, 梳綿이 17.7%, 捲絲가 10.5%의 順으로 나타나고 있는 바, 精紡, 梳綿, 捲絲의 3工程에서 電力 使用量을 節減하는 研究가 에너지 節約의 지름길이 될 것이다.

한편, 美國의 綿絲製品 工程別 에너지 使用을 보면, 總 에너지 使用中 電力이 91.5%, 燃料(OIL, GAS)가 8.5%로서 綿絲製品을 爲한 에너지源으로서는 우리나라와 마찬가지로 主로 電力을 使用하고 있다. 工程別 構成比를 보면, RING SPINNING(精紡)이 35.3%, CARDING(梳綿)이 15.5%의 順으로 나타났다. (그림-8)은 綿絲製品 에너지 使用工程別 構成비이고, (그

[그림 7] 綿絲製品 製造工程圖



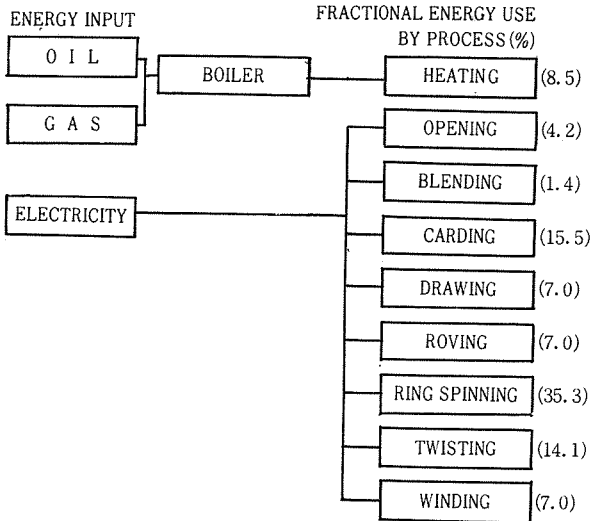
[그림 8] 綿絲製品 工程別 에너지使用 構成比



(註) 其他事項(暖房, 照明, 炊事등) 除外

림 -9)는 美國의 綿絲製品 에너지 使用 工程別 構成 比이다.

〔그림 9〕 미국의 綿絲製品 工程別 에너지使用 構成比



〈註〉 ① 資料 : Industrial Energy Use Data Book (U. S. A)
 ② 其他事項(暖房, 照明, 炊事等) 제외

3) 工程別 에너지 原單位

綿絲製品 1톤을 生産하기 爲하여 使用된 에너지는 $6,319 \times 10^3$ Kcal로서 이중 燃料은 總에너지의 4.0%에 해당하는 251×10^3 Kcal가 使用되었고, 電力은 總에너지의 96.0%에 해당하는 2,427KWH($6,068 \times 10^3$ Kcal)가 사용되었다. 紡織業種中에서도 특히 綿絲製品은 電力原單位가 높아 이를 節減하기 爲한 努力이 要求되고 있으며, 電力工程中 精紡과 梳綿工程이 各各 55%와 18.4%를 차지하고 있어 이 두 工程의 節減을 爲한

研究가 必要한 것으로 나타났다. 〈表 -27〉에 綿絲製品의 工程別 에너지 原單位가 나타나 있다.

나. 其他 主要纖維製品의 에너지 原單位

主要 纖維製品의 에너지 原單位는 〈表 -28〉과 같다.

2. 펄프 및 製紙

가. 펄프

펄프는 製造方法에 따라서 에너지 消費量이 크게 다르다. 製造方法에 따른 主原料가 다르고 生産되는 製品의 用途도 다른 바 本 調査에서는 漂白 크라프트펄프를 主로 生産하는 化學펄프의 製造工程에 對한 工程別 에너지 消費構成을 把握하였다.

〈表 -28〉 主要纖維製品의 에너지 原單位

製 品	單位	原 單 位			備考
		燃 料 (10^3 Kcal)	電 力 (KWH)	計 (10^3 Kcal)	
Polyester Filament	Ton	3,111	3,236	11,201	
Polyester Staple Fiber	Ton	3,312	878	5,507	
Acrylic Fiber	Ton	10,085	1,361	13,488	
Spandex Filament	Ton	18,962	10,991	46,440	
나일론원사	Ton	3,870	2,820	10,920	
나일론M/F사	Ton	5,432	3,400	13,932	
P. P. Staple Fiber	Ton	4,074	1,500	7,824	

〈表 -27〉 綿絲製品 工程別 에너지 原單位

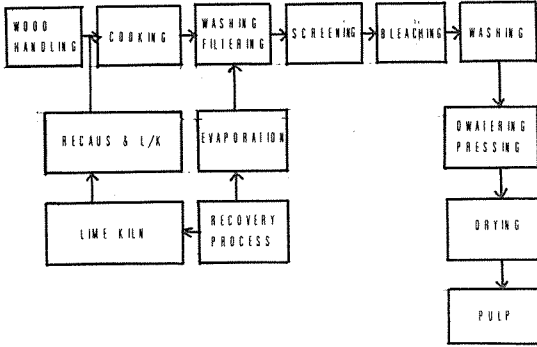
工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구성비 (%)	작업 온도 ($^{\circ}$ C)	사 용 량 (KWH/TON)	구성비 (%)	사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구성비 (%)
混 打				157.710	6.5	394.425	-
梳 綿				446.609	18.4	1,116.523	17.7
練 條				116.507	4.8	291.267	4.6
粗 紡				106.798	4.4	6.995	4.2
精 紡				1,334.973	55.0	3,337.433	52.8
捲 絲				264.567	10.9	661.413	10.5
STEAMSETTER	250.705	100	140			250.705	4.0
計	250.705	100		2,427.224	100	6,313.766	100
%		4.0			96.0		100

〈註〉 其他(暖房, 照明, 炊事) 제외

1) 化学펄프의 製造工程

化学펄프의 概略的인 製造工程은 다음과 같다. [그림 -10]

[그림 10] 化学펄프의 製造工程

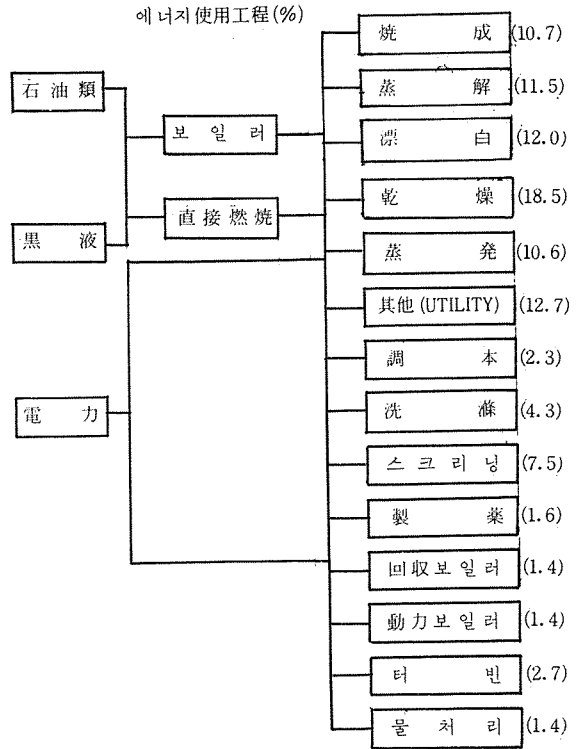


2) 化学펄프의 工程別 에너지使用 構成比

化学펄프의 工程別 에너지使用 構成比를 보면, 總에너지 使用量中 乾燥工程에서 18.5%, 漂白工程에서 12.0%, 蒸解工程에서 11.5%, 燒成工程에서 10.7%의 順으로 나타나 있다. 燃料에너지와 電氣에너지를 같이 使用하는 工程의 에너지 消費比率은 平準化 되어 있음을 알 수 있으며, 電氣에너지만 使用되는 調木, 洗滌, 스크리닝 등의 工程에서는 에너지 消費比率이 낮음을 알 수 있

다. 化学펄프의 工程別 에너지使用 構成比가 (그림 -11)에 나타나 있다.

[그림 11] 化学펄프 工程別 에너지使用 構成比



(表-29) 化学펄프 工程別 에너지 原單位

에너지 工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/ADT)	구 성 비 (%)	작업온도 (°C)	사 용 량 (KWH/ADT)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/ADT)	구 성 비 (%)
調 木				45.550	5.0	113.875	2.3
蒸 解	430.858	16.3	170	53.749	5.9	565.231	1.5
洗 滌				84.723	9.3	211.808	4.3
스 크 리 닝				146.671	16.1	366.678	7.5
漂 白	211.464	8.0	75	151.226	16.6	589.529	12.0
乾 燥	446.718	16.9	80	184.933	20.3	909.051	18.5
燒 成	528.660	20.0	1,100			528.660	10.7
蒸 發	422.928	16.0	120	39.173	4.3	527.860	10.6
製 藥				32.796	3.6	81.990	1.6
回收보일러				27.330	3.0	68.325	1.4
動力보일러				27.330	3.0	68.325	1.4
터 빈				53.749	5.9	134.373	2.7
물 처 리				54.660	6.0	136.650	2.8
其他(UTILITY)	602.072	22.8		9.110	1.0	625.447	12.7
計	2,643.300			911.000	100	4,920.802	100
%		53.7			46.3		100

3) 化学펄프의 工程別 에너지 原單位

化学펄프 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 $4,921 \times 10^3 \text{Kcal}$ 이며, 이중 燃料에너지가 53.7%에 달하는 $2,643 \times 10^3 \text{Kcal}$ 를 電氣에너지가 46.3%에 달하는 911KWH($2,278 \times 10^3 \text{Kcal}$)를 使用한 것으로 나타났다. 燃料에너지가 消費된 工程에서는 石灰燒成窯에서 燃料에너지의 20%인 $529 \times 10^3 \text{Kcal/ADT}$ 를 消費하였으며, 그 다음이 乾燥, 蒸解, 蒸發 등의 工程에서 비슷한 比率로 燃料에너지를 消費하였다. 電氣에너지가 消費된 工程에서는 乾燥工程에서 電氣에너지의 20.3%인 184KWH/ADT($460 \times 10^3 \text{Kcal/ADT}$)을 消費하였으며, 그 다음이 漂白, 스크리닝工程的 順으로 나타나 있다. 化学펄프의 工程別 에너지 原單位가 (表-29)에 나타나 있다.

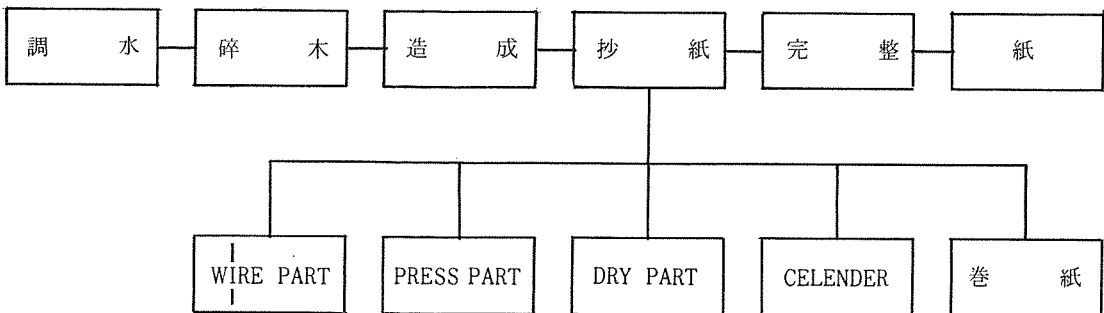
나. 製紙

종이製造業은 한지, 양지, 판지, 가공지 製造業의 4가지로 大別될 수 있고, 主要 生産品目으로는 新聞用紙, 印刷用紙, 크라프트紙, 白上紙, 라이나원지, 마닐라판지, 아트지등을 들 수 있다. 本 調査에서는 主要 紙種別 에너지 原單位를 包含하여 新聞用紙에 對한 工程別 에너지 消費構造를 把握하였다.

1) 新聞用紙의 製造工程

新聞用紙의 主原料로는 碎木펄프, 고지, 化学펄프등이 있으며, 副原料로서 반토등의 藥品을 添加하기도 한다. 化学펄프로는 亜硫酸法으로 製造된 펄프가 많이 쓰이며, 碎木펄프의 原料로는 主로 소나무등의 針葉樹가 많이 사용된다. 國際的인 生産規模를 갖추고 있는 大部分의 國內 製造業體에서는 소나무등의 原料를 直接調木하여 碎木, 造成, 抄紙工程을 거쳐 製品을 生産하고 있다. 新聞用紙의 製造工程은 다음의 (그림-12)와 같다.

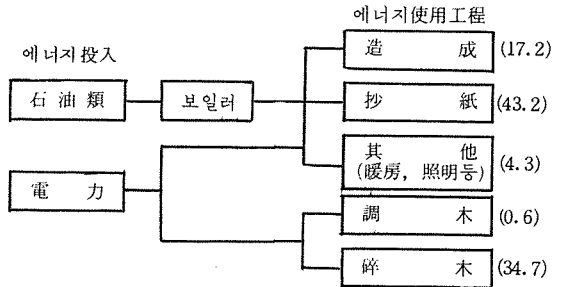
(그림 12) 新聞用紙 製造工程圖



2) 新聞用紙의 工程別 에너지使用 構成比

新聞用紙의 에너지使用 構成比를 보면, 總 에너지 消費中 抄紙工程이 43.3%, 碎木工程이 34.7%에 달하여 이 두 工程이 全體 에너지의 78%를 占有하고 있음이 나타났다. 抄紙工程에서 에너지가 많이 使用되는 理由는, 約 120℃정도의 乾燥工程을 包含하고 있기 때문이다. 工程別 에너지使用 構成比가 (그림-13)에 나타나 있다.

(그림 13) 新聞用紙 工程別 에너지使用 構成比



3) 新聞用紙의 工程別 에너지 原單位

新聞用紙 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 $4,840 \times 10^3 \text{Kcal}$ 로 나타났으며, 이중 燃料에너지가 32.9%에 달하는 1,595Kcal, 電氣에너지가 67.1%에 달하는 1,298KWH($3,245 \text{Kcal}$)를 消費하여 電力이 많이 使用되고 있음을 보여주고 있다. 燃料에너지가 使用되는 工程에서는 乾燥工程을 包含하고 있는 抄紙工程에서 燃料에너지의 90%를 차지하고 있다. 電氣에너지가 使用되는 工程에서는 碎木工程이 電氣에너지의 半 以上인 51.8%를 차지하고 있고, 그 다음이 造成, 抄紙의 順으로 나타나 있다. 아래의 (表-30)은 新聞用紙의 工程別 에너지 原單位를 나타낸 것이다.

다. 主要 紙種別 에너지 原單位

主要 紙種別 에너지 原單位는 (表-31)과 같다.

〈表-30〉新聞用紙 工程別 에너지 原單位

에너지 工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작업온도 (°C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)
調 木				11.684	0.9	29.210	0.6
碎 木				672.466	51.8	1,681.165	34.7
造 成	95.673	6.0		293.393	22.6	829.156	17.2
抄 紙	1,435.100	90.0	120	262.236	20.2	2,090.690	43.2
(其他(暖房, 照明등))	63.782	4.0		58.419	4.5	209.829	4.3
計	1,594.555	100		1,298.198	100	4,840.050	100
%		32.9			67.1		100

〈表-31〉主要 紙種別 에너지 原單位

製 品 單 位	原 單 位			備 考
	燃 料 (10 ³ Kcal)	電 力 (KWH)	計 (10 ³ Kcal)	
新聞用紙 TON	1,595	1,298	4,840	
白 上 紙 "	2,496	752	4,376	
아 트 지 "	1,792	524	3,077	
크라프트지 "	1,661	681	3,364	
마닐라핀지 "	1,861	575	3,301	
라이너원지 "	1,557	612	3,086	
印刷用紙 "	2,229	757	4,122	

Process가 많은 비중을 차지하고 있으나, Stamicarbon Process가 새로 개발된 工法으로써 각광을 받고 있으며, 세계적으로 널리 採擇되고 있다. 本 調査에서는 Stamicarbon Process를 中心으로 工程別 에너지消費 構造를 把握하였다.

1) 尿素의 製造工程

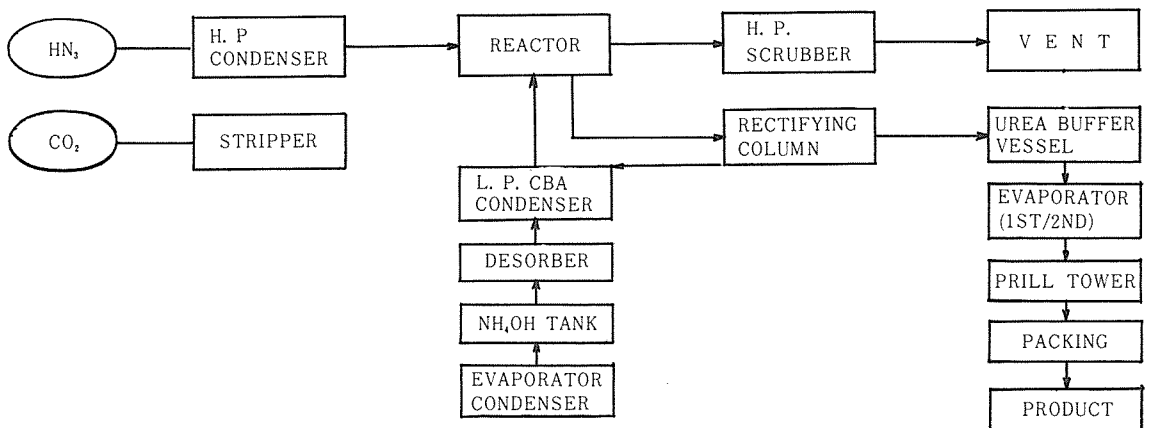
尿素의 生産工程은 암모니아(NH₃)와 이산화 탄소(CO₂)를 反應시켜 尿素를 製造하는 것으로서 工上으로는 그 形態가 多樣하다. 尿素工程을 大別하면 Once through Process, Partial recycle process, Total recycle process로 나눌 수 있는데 Once through process는 가장 단순한 製造工程으로서 原料鑄入比(암모니아와 이산화탄소비)가 2.0~4.0으로 비교적 多量의 암모늄염이 副産物로 나오는 것이 단점이다. Partial recycle process는 과거의 尿素合成의 주축을 이루었던 Inventa process로서, 中間 生成物인 암모늄카바메이트(NH₂COONH₂)를 암모니아와 이산화탄소로 分

3. 石油 化学製品

가. 尿素

尿素는 製造工法에 따라 에너지 消費量이 다르며, 우리나라에서는 Mitsui Koatsu Process와 Inventa

〔그림-14〕 STAMICARBON의 尿素工程圖



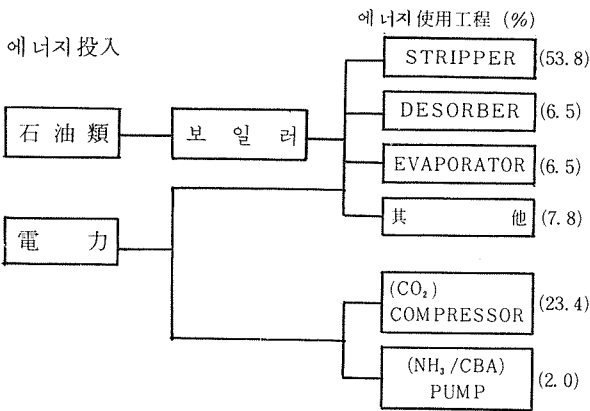
離한후 가스상태로 循環反應시킴으로서 反應機차체의 부피도 커질 뿐 아니라, 未反應의 이산화탄소와 암모니아의 分離工程도 複雜하게 된다. 새로 開發된 Stamicarbon의 H. P. Stripping process는 현재 세계에서 가장 널리 採擇하고 있으며, 이 工程의 長點은 他 工程에 비하여 低溫 低壓下에서 尿素를 合成하도록 設計되었으며, 에너지 原單位가 낮다는 것과 NH₃/CO₂의 물비가 적어 過剩 암모니아의 回收施設이 적게 든다는 점 등이 있다.

(그림 -14)는 Stamicarbon Process의 尿素 工程圖이다.

2) 尿素의 工程別 에너지 使用 構成比

尿素의 工程別 에너지 使用 構成比를 보면, 總 에너지 使用量中 53.8%를 STRIPPER에서 使用하고 있으며, 23.4%를 COMPRESSOR에서 使用하였다. 이 두 工程의 에너지 使用比가 全體의 77.2%를 차지하고 있으므로 節約面에서 볼 때 이 두 工程에 對한 研究가

(그림 -15) 尿素工程別 에너지 使用 構成比



必要한 것으로 나타나있다. (그림 -15)는 尿素의 工程別 에너지 使用 構成比이다.

〈表 - 32〉 Stamicarbon Process의 設計에너지原單位와 実績에너지原單位 比較

에너지 區分	燃 料 (10 ³ Kcal/TON)	電 力 (KWH/TON)	計 (10 ³ Kcal/TON)	備考
設計에너지原單位	809	130	1,134	
実績에너지原單位	789	124	1,099	
設計對実績比	97.5	95.4	96.9	

3) Stamicarbon Process의 設計에너지原單位와 実績原單位 比較

Stamicarbon Process의 設計에너지原單位와 実績 에너지原單位를 比較해 보면 燃料에너지에서는 設計值가 809×10³Kcal/TON인데 実績値는 789×10³Kcal/TON으로서 2.5%의 燃料가 節減된 것으로 나타났으며, 電氣에너지에서는 設計值가 130KWH/TON인데 実績値는 124KWH/TON으로서 4.6%의 電力이 節減된 것으로 나타나 있다. 全體的으로 보면, 設計에너지原單位는 1,134×10³Kcal / TON인데 実績 에너지 原單位는 1,099×10³Kcal/TON으로서 約 3.1% 程度 節減된 것으로 分析된다. (表 -32)에 設計에너지原單位와 実績 에너지原單位를 比較하였다.

4) 尿素의 工程別 에너지原單位와 外國의 에너지原單位

尿素製品 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 1,099×10³Kcal이며, 이中 燃料에너지가 77.2%에 해당하는 789×10³Kcal를 電氣에너지가 22.8%에 해당

〈表 - 33〉 尿素 工程別 에너지 原單位

에너지 工程	燃 料			電 力		計	
	使用量 (10 ³ Kcal/TON)	構成比 (%)	作業 온도 (°C)	使用量 (KWH/TON)	構成비 (%)	使用量 (10 ³ Kcal/TON)	構成비 (%)
COMPRESSOR				102.920	83	257.300	23.4
(NH ₃ /CBA) PUMP				8.680	7	21.700	2.0
STRIPPER	592.043	75	210			592.043	53.8
DESORBER	71.045	9	170			71.045	6.5
EVAPORATOR	71.045	9	170			71.045	6.5
其他 (清掃·燈房·照明等)	55.257	7		12.400	10	86.257	7.8
計	789.390	100		124.000	100	1,099.390	100
%	77.2			22.8		100	

(註) Steam 條件은 350P sig로하스팀 (735×10³ Kcal/MT- Steam)

하는 124KWH(310Kcal)를 소비한 것으로 나타났다. 燃料에너지가 사용된 工程에서는 Stripping 工程에 75%인 $592 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$ 이 사용되었고, 電氣에너지가 사용된 工程에서는 CO₂ Compressor 에 83%인 103KWH/TON(257Kcal/TON)이 사용되었다.

尿素的 工程別 에너지原單位와 外國의 尿素製品에 原單位가 <表 -33>과 <表 -34>에 있다.

<表 -33>과 <表 -34>에 볼 때, 外國의 CO₂ Stripping 工法에서의 原單位와 같은 工法の 國內의 原單位와 比較해 볼 때, 外國의 경우가 燃料原單位에서 약간 높게 나타나 있다.

<表 -34> 外國의 尿素製品 에너지 原單位

工法 및 工程 에너지	Onec through Process	Partial recycle Process	Total Recycle Process		
			CO ₂ Stripping	NH ₃ Stripping	Mixed gas recycle
燃 料 (10 ³ Kcal/TON)	768	850	825	688	234
電 力 (KWH/TON)	218	173	123	124	110
計 (10 ³ Kcal/TON)	1,313	1,283	1,133	998	509

<註> 資料 SRI Reopt #56. UREA Report

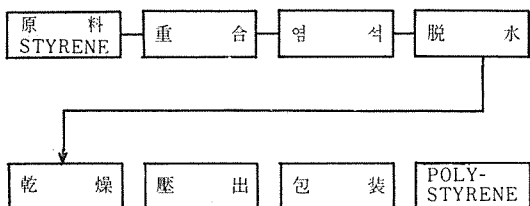
나. 폴리스타이렌 (P. S. Polystyrene)

폴리스타이렌樹脂는 착색이 잘 되며, 斷熱성이 좋은 特性을 갖고 있으며, 加工이 容易한 熱可塑性樹脂의 一種이다. Polystyrene의 種類에는 一般 成型제품 加工用인 G. P. P. S樹脂, 耐衝激性製品, 加工用인 H. I. P. S樹脂, 발포성제품 加工用인 E. P. S樹脂, 電子製品 等の 加工用인 A. B. S樹脂등이 있다.

1) 폴리스타이렌 製造工程

폴리스타이렌은 石油化學工業이 發展함에 따라 廣範圍하게 사용되었다. 重合法에는 다른 비닐化合物과 같이 可溶性인 촉매를 가하여 그대로 加熱, 重合시키는 塊狀重合法, Monomer와 觸媒를 非活性溶劑에 溶解하여

[그림 -16] POLYSTYRENE 製造工程圖

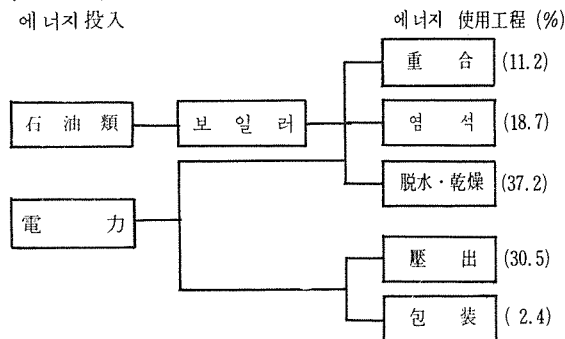


溶液中에서 重合시키는 溶液重合法, 水溶性 촉매와 氧化제를 包含하는 物속에 Monomer를 氧化시킨 狀態에서 重合시키는 氧化重合法, 적당한 懸濁安定劑를 使用하여 Monomer를 物속에 懸濁, 分散시켜 Monomer를 可溶性인 觸媒로 重合시키는 懸濁重合法 등이 있다. 國內에서는 懸濁重合法으로 生産하고 있으며, [그림 -16]은 이의 製造工程圖이다.

2) 폴리스타이렌의 工程別 에너지使用 構成比

폴리스타이렌의 製造工程別 에너지使用 構成比를 보면, 脫水 및 乾燥工程에서 37.2%를, 壓出工程에서 30.5%를, 염색工程에서 18.7%를 使用하였다. 工程別 에너지使用 構成比는 [그림 -17]과 같다.

[그림 -17] POLYSTYRENE 工程別 에너지使用 構成比 에너지投入



3) 폴리스타이렌의 工程別 에너지原單位와 外國의 原單位

폴리스타이렌의 製品 1톤당 消費된 總 에너지는 $1,522 \times 10^3 \text{Kcal}$ 이며, 이중 燃料에너지가 39.1%를 차지하는 $595 \times 10^3 \text{Kcal}$ 를, 電氣에너지가 60.9%를 차지하는 371KWH($927 \times 10^3 \text{Kcal}$)를 소비한 것으로 나타났다. 燃料에너지는 主로 石油類를 使用하여 生産된 스팀이 사용되며, 乾燥工程에서 50%인 $297 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$, 염색工程에서 40%인 $234 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$ 을 使用하였으며, 電氣에너지는 壓出工程에서 50%인 186KWH/TON($465 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$), 乾燥工程에서 29%인 108KWH/TON($270 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$)을 使用하였다.

SRI Report에 나타난 外國의 重合形態別 에너지 原單位를 보면, 懸濁重合에 依한 原單位가 $1,091 \times 10^3 \text{Kcal}$, $1,700 \times 10^3 \text{Kcal}$ 인데 反하여 溶液重合과 괴상중합은 이보다 훨씬 높은 $5,327 \times 10^3 \text{Kcal}$ 와 $2,529 \times 10^3 \text{Kcal}$ 를 보여주고 있다. 國內의 重合形態는 懸濁合으로서 外國의 경우와 큰 차이가 없음을 보여 주고 있다.

폴리스타이렌 工程別 에너지 原單位와 外國의 重合形

(表-35) POYLSTYRENE工程別 에너지 原單位

에 너 지 工程	燃 料			電 力		計	
	使 容 量 (10 ³ Kcal/TON)	構 成 比 (%)	作 業 온 도 (°C)	使 用 量 (KWH/TON)	構 成 比 (%)	構 成 比 (10 ³ Kcal/TON)	構 成 比 (%)
重 合	59.465	10	65	44.520	12	170.765	11.2
염 석	237.858	40	95	18.550	5	284.233	18.7
乾 燥	297.323	50	130	107.590	29	566.298	37.2
壓 出				185.500	50	463.750	30.5
包 裝				14.840	4	37.100	2.4
計	594.646	100		371.000	100	1,522.146	100
	39.1			60.9		100	

(表-36) 外國의 重合形態別 에너지 原單位

重 合 形 態 에 너 지	懸 濁 重 合				溶 液 重 合	塊 狀 重 合
	GP	HP	IR	EB		
燃 料 (10 ³ Kcal/TON)	480	874	678	599	3,832	899
電 力 (KWH/TON)	245	330	286	242	598	652
計 (10 ³ Kcal/TON)	1,091	1,700	1,394	1,204	5,327	2,529

態別 에너지 原單位가 (表-35)와 (表-36)에 나타나 있다.

다. 스트레이트 염화비닐樹脂(P.V.C S.T Resin)

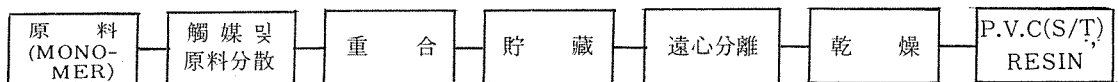
염화비닐樹脂는 重合形態에 따라서懸濁重合,塊狀重合 등이 사용되는데 國內에서는 大部分이懸濁重合에 의해 生産되고 있다.

1) 염화비닐樹脂 製造工程

懸濁重合은 물론 分散媒로 하여 機械的 攪拌으로 모노머를 물속에서 微細하게 分散시켜 重合하는 方法으로서 加壓容器에 물을 넣고, 폴리비닐 알콜에 分散劑를 溶解시켜 表面張力を 低下시켜 염화비닐가스를 導入하면, 염화비닐 모너머는 작은 입자로 부유된다. 여기에 염화비닐을 鑄入시키고 과산화 벤조일을 加해 反應제를 격렬하게 攪拌하면서 加熱하면 重合反應이 일어난다.

(그림-18)은 分內에서 사용하고 있는 염화비닐樹脂 製造工程圖이다.

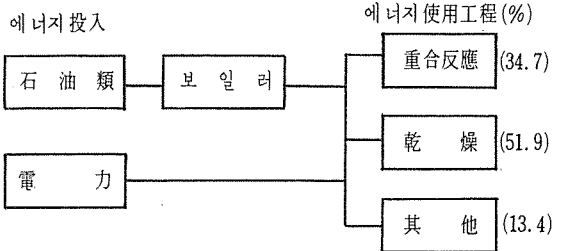
(그림-18) 스트레이트 염화비닐樹脂 製造工程圖



2) 염화비닐樹脂의 工程別 에너지使用 構成比

스트레이트 염화비닐樹脂의 製造工程別 에너지 使用 構成을 보면, (그림-19)와 같이, 乾燥工程에서 51.9%, 重合反應工程에서 34.7%를 使用한 것으로 나타나 있다.

(그림-19) 염화비닐樹脂 工程別 에너지使用 構成比



3) 스트레이트 염화비닐樹脂의 工程別 에너지 原單位

염화비닐樹脂 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 1,191×10³Kcal이며, 이중 燃料에너지는 52.1%에 달하는 620×10³Kcal, 電氣에너지는 47.9%에 달하는 228KWH(571×10³Kcal)를 消費한 것으로 나타났다. 燃料에너지의 構成을 보면, 乾燥에서 60%에 달하는 372×10³Kcal/TON을 重合反應에서는 28%에 달하는 173×10³Kcal/TON을 各各 使用하였고, 電力原單位에서는 乾燥工程에 重合反應에서 各各 43%와 42%에 달하는 98KWH/TON(245×10³Kcal/TON), 96KWH/TON(240×10³Kcal/TON)를 使用하였다.

한편 염화비닐樹脂의 國家別 에너지原單位를 (表-38)에서와 같이 살펴보면, 國內의 경우와 비교할 때 燃

〈表-37〉 스트레이트 염화비닐樹脂 工程別 에너지 原單位

에너지 工程	燃 料			電 力		計	
	使 用 量 (10 ³ Kcal/TON)	(%) 構 成 比	(°C) 作 業 온 도	使 用 量 (KWH/TON)	構 成 比 (%)	使 用 量 (10 ³ Kcal/TON)	構 成 比 (%)
重 合 反 応	173.493	28	110	95.915	42	413.281	34.7
乾 燥	371.772	60	150	98.198	43	617.267	51.9
其 他	74.354	12		34.255	15	159.992	13.4
計	619.619	100		228.368	100	1,190.540	100
%		52.1		47.9			100

〈表-38〉 各国의 염화비닐樹脂 에너지 原單位

에너지	国 別	美 国	英 国	이탈리아	네덜란드
燃 料 (10 ³ Kcal/TON)		1,327	1,264	1,225	1,185
電 力 (KWH/TON)		770	320	230	300
計 (10 ³ Kcal/TON)		3,252	3,160	1,800	1,935

〔資料〕 Industrial International Data Base, "The plastics Industry" Gordian Associates Inc. New York 1977.

料原單位는 約2倍 정도 外國이 높고, 電力은 비슷한 水準을 보여주고 있다.

염화비닐樹脂의 工程別 에너지 原單位와 各國의 에너지 原單位가 〈表-37〉과 〈表-38〉에 나타나 있다.

라. 合成고무 (S. B. R. Styene Butadiene Rubber)

1) 合成고무의 製造工程

現在 國內에서 使用하고 있는 合成고무 製造工程은 低溫유화 重合法이며, 이 유화重合法에 의해 얻어지는 S. B. R은 Hot Rubber와 Cold Rubber의 두 種類로나

누어진다.

Hot Rubber는 50°C에서 高分子 形成은 時間당 5~6% 일어나며, 이 以上の 生成은 高分子의 物性を 떨어뜨린다. 正지반응은 하이드로 퀴논의 添加에 의하여 이루어지며, 未反應 부타디엔을 除去하고 酸化 1.25% 정도 첨가되며, 生成된 라텍스는 농축후 묽은 황산이나 황산알루미늄 溶液을 가해 응집시킨다. 응집된 작은 덩어리는 세척후 乾燥하여 合成고무 SBR로 生産된다.

Cold Rubber은 레독스시스템을 利用하여 낮은 溫度에서 重合을 加速化하는 方法으로 獨逸, 英國, 美國에서 開發되었다. 레독스시스템은 보통 Peroxide나 Hydroperoxide와 같은 산화제, 환원제 및 여러가지 산화상태에서도 存在할 수 있는 溶解性 金屬鹽을 포함한다.

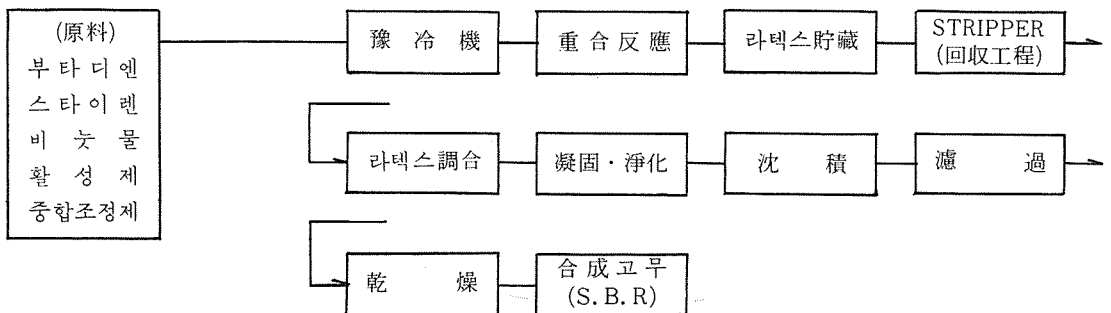
〔그림-20〕은 國內의 樹略의인 製造工程圖이다.

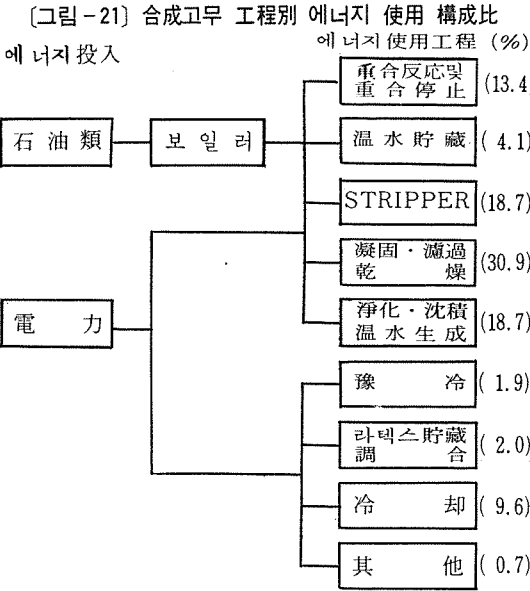
3) 合成고무의 工程別 에너지 使用 構成比 2 合成고무의 工程別 에너지 使用 構成을 보면〔그림 1-21〕와 같다.

3) 合成고무의 工程別에너지 原單位와 外國의 原單位

合成고무(SBR) 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 $2,682 \times 10^3$ Kcal이며, 이중 燃料에너지가 59.2%에 해당하는 $1,587 \times 10^3$ Kcal을, 電氣에너지가, 40.8

〔그림-20〕 合成고무 (SBR) 製品工程圖





%에 해당하는 438KWH(1095×10³Kcal)를 消費한 것으로 나타났다. 燃料에너지가 使用된 工程에서는 凝固, 濾過 및 乾燥 工程에서 40.9%에 달하는 649×10³Kcal/TON, 그 다음이 未反應 原料의 回收 工程인 Stripper에서 26.9%에 달하는 649×10³Kcal/TON의 順으로 消費하였으며, 電氣에너지가 使用된 工程에서는 沈積, 淨化 및 溫水 工程에서 33%에 달하는 1545KWH/TON (362×10³Kcal/TON), 그 다음이 冷却塔에서 23.5%에 달하는 103KWH/TON (257×10³Kcal/TON)의 順으로 消費하였다.

外國의 에너지 原單位 資料는 重合形態別은 SRI Re-

port SBR편을, 美國은 NTIS를, 日本은 石油化學 綜合分析을 參考하였으며, 스티브의 發熱量은 760Kcal/kg으로 計算하였다.

합성고무의 工程別 에너지 原單位와 外國의 原單位가 各各 (表 -39)와 (表 -40)에 나타나 있다.

이 表에서 보면 美國과 日本의 경우 燃料原單位와 電力原單位 모두가 國內의 경우보다 훨씬 높으며, 重合形態別로 보면, 고온유화중합이 가장 낮으며, 國內의 重合形態와 같은 저온유화중합은 外國의 경우가 약간 낮은 原單位를 보이고 있다.

(表 - 40) 外國의 合成고무 에너지 原單位

에너지	용액 중합	고온유화중합	냉유화중합	美國	日本
燃料 (10 ³ Kcal/TON)	3,488	433	1,292	4,445	9,120
電力 (KWH/TON)	489	174	352	631	1,000
合計 (10 ³ Kcal/TON)	4,711	868	2,172	6,023	11,620

(表 - 41) 主要 石油·化學製品의 에너지 原單位

製 品	單位	原 單 位			備 考
		(10 ³ Kcal) 燃料	(KWH) 電力	(10 ³ Kcal) 計	
복합비료(16-20-0)	TON	778	286	1,493	
복합비료(18-46-0)	TON	1,108	404	2,118	
소 다 회	TON	3,121	136.5	3,462	
카 바 이 트	TON	1,080	2,664	7,740	

(表 - 39) 合成고무 (SBR) 工程別 에너지 原單位

工 程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 (°C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)
豫 冷				20,148	4.6	50,370	1.9
重合反應 및 重合停止	258,681	16.4	50°	40,734	9.3	360,516	13.4
라 텍 스貯藏 및 調 合				21,024	4.8	52,560	2.0
溫 水 貯 藏	111,090	7.0	60			111,090	4.1
STRIPPER (回收 工程)	426,903	26.9	70	29,346	6.7	500,268	18.7
凝 固 · 濾 過 · 乾 燥	649,083	40.0	90	72,270	16.5	829,785	30.9
冷 却				102,930	23.5	257,325	9.6
淨 化 · 沈 積 溫 水 生 成	141,243	8.9	55	144,540	33.0	502,593	18.7
其 他				7,008	1.6	17,520	0.7
計	1,587,000	100		438,000	100	2,682,000	100
%		59.2			40.8		100

마. 其他 主要 石油·化學製品의 에너지 原單位

其他 石油 및 化學製品의 에너지 原單位는 (表 -41) 과 같다.

4. 窯業製品

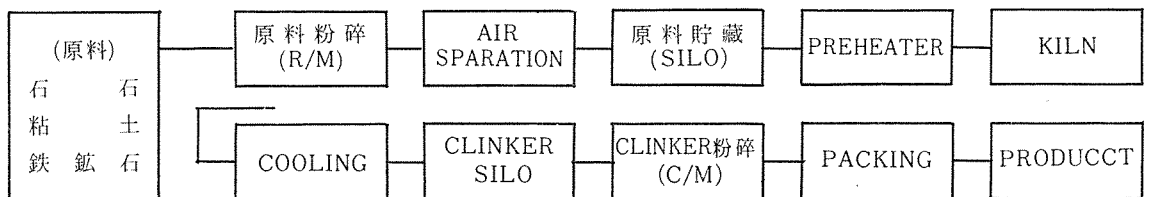
가. 시멘트

國內의 窯業部門中에서 에너지 消費量이 가장 큰 業種은 시멘트工業이다. 현재 시멘트를 生産하고 있는 회사는 7개회사 9工場이며, 이中 生産性이 낮고, 에너지 原單位가 높은 濕式(Wet Process)이 1개工場, 其他는 半乾式(Semi-Dry Process) 및 乾式(Dry Process)의 工法을 갖고 있다.

1) 시멘트製品의 製造工程

大部分의 工場에서 채택하고 있는 乾式 製造工法은 킬른(Kiln)의 形式에 따라 多樣하며, 그중에서 SP Kiln 과 최근 이를 더욱 발전시킨 NSP Kiln으로 점차 바뀌어 가고 있다. 乾式工法과 濕式工法은 반제품의 크링커(Clinker)를 生産하는 燒成工程까지는 다르나, 크링커에 石膏를 加하여 粉碎하는 工程은 同一하다. 製造工程은 原料인 石灰石, 鐵鑛石, 粘土를 乾燥, 坪量, 調合하여 粉碎한 후 燒成工程(Kiln)으로 보내어진다. 最近에 개발된 NSP Kiln에서는 燒成工程에서 粉末狀態의 原料가 予熱되는 동시에 原料는 流動層을 形成하도록 内部의 煨燒機(Calcination)를 通過한다. 流動空氣가 200~300°C의 溫度를 갖고, 크링커 냉각기로부터 추출되어 流動層의 空을 통해 流動層의 内部로 직접 주입되어 燃料의 燃燒熱에 의해 煨燒된다. NSP 工程의 重要한 特徵의 하나는 이러한 流動層을 利用한 煨燒路가 있다는 점과 流動層은 均一한 溫度를 유지할 수 있으며, 煨燒狀態가 안정하다는 점이다. 燒成工程에서 形成된 크링커는 크링커쿨러(冷却機)에 의해 냉각된 후 貯藏되었다가 시멘트밀(Cement Mill)에서 最終으로 粉碎된다.

(그림 -22) 시멘트 製品의 製造工程圖

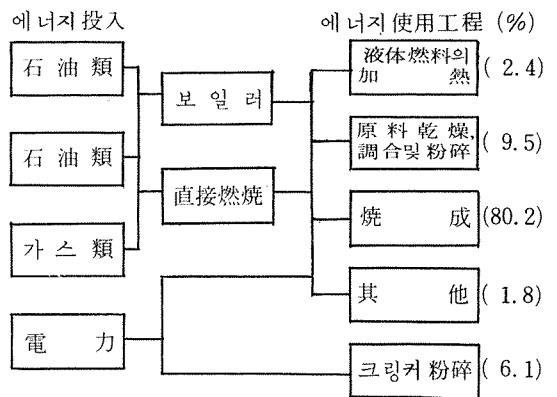


(그림 -22)와 (그림 -23)에 國內의 시멘트 製造工程과 美國의 시멘트 製造工程이 表示되어 있다. 시멘트에 관한 美國의 資料는 Industrial Energy Use Data Book (Portland Cement)에서 參考하였다.

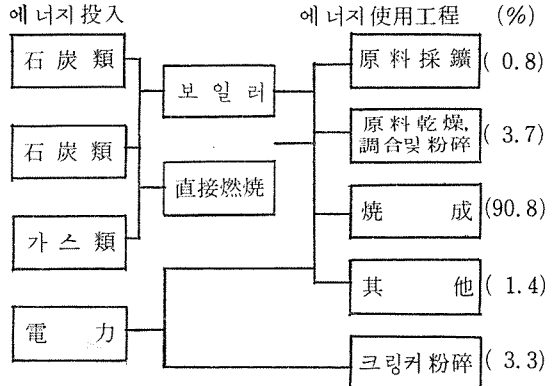
2) 시멘트의 製造工程別 에너지 使用 構成比

國內 시멘트工業의 工程別 에너지 使用構成을 볼때 總 에너지 消費가운데 燒成工程에서 80.2%를 使用하였고, 그 外의 工程에서는 이에 훨씬 미치지 못하고 있다. 液體燃料의 加熱用이라 함은 B-C油나 潤滑유를 보일러에서 나오는 溫水로서 予熱시켜줌을 뜻한다.

(그림 -23) 시멘트 製品 工程別 에너지 使用 構成比



(그림 -24) 美國 시멘트 製品 工程別 에너지 使用 構成比



한편 美国의 시멘트工業의 工程別 에너지 使用 構造를 보면, 燒成工程에서 90.8%를 使用하여 国内의 경우보다 큰 比重을 차지하는데 있는데, 그 理由는 美国시멘트工業의 절반 以上이 Wet Process(濕式工法)를 利用하고 있는 바 이 Wet Process에서는 燃料 에너지가 電氣에너지에 比하여 国内보다 훨씬 큰 比重을 차지하고 있기 때문이다. 자세한 것은 工程別에너지 原單位에 나와 있는 데이터가 잘 설명해 줄 것이다.

国内과 美国의 시멘트製品 工程別 에너지 使用 構成비가(그림-24)와 (그림-25)에 나와 있다.

3) 시멘트의 工程別 에너지 原單位

国内 시멘트工業에서 크링커 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 $1,254 \times 10^3 \text{Kcal}$ 로 나타났다. 이 중 燃料에너지가 78%에 해당하는 $964 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$ 을, 電氣에너지가 22.0%에 해당하는 10.9KWH/TON ($272 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$)-을 消費한 것으로 나타났다. 燃料에너지가 使用된 工程에서는 燒成工程에서 95.1%인 $917 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$ 을, 液體 燃料인 B-C油등을 予熱하는데 3.1%인 $30 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$ 을 消費하는 順으로 되었으

며, 電氣에너지가 使用된 工程에서는 原料를 乾燥하고 調合하고 粉碎하는 工程에서 電力의 40%인 43KWH/TON($108 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$)을, 크링커를 粉碎하는 工程에서 28%인 30KWH/TON($75 \times 10^3 \text{Kcal/TON}$)을 消費하는 順으로 나타났다.

한편 美国의 경우는 크링커 1톤을 生産하기 爲하여 總 에너지가 $1,564 \times 10^3 \text{Kcal}$ 를 消費하였는데, 이 중 燃料에너지가 92%에 해당하는 $1,438 \times 10^3 \text{Kcal}$ 를 電氣에너지가 8.0%에 해당하는 50KWH($125 \times 10^3 \text{Kcal}$)를 消費한 것으로 報告되었다.

燃料原單位와 電力原單位를 比較해 보면, 燃料原單位는 美国의 경우가 훨씬 높으며, 電力原單位는 国内의 경우가 훨씬 높게 나타났는데, 이는 美国의 경우 시멘트 製造業體의 절반 以上이 濕式工法에 의존하고 있는 반면, 国内의 경우는 乾式工法을 利用하고 있기 때문으로 이해된다. 結果적으로 總 에너지 原單位는 美国의 경우가 높은 것으로 나타났다.

国内과 美国의 시멘트 工程別 에너지 原單位가 <表-42>와 <表-43>에 있다.

<表-42> 시멘트 工程別 에너지 原單位

工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10^3Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10^3Kcal/TON)	구 성 비 (%)
液体燃料의 加熱用温水	29.880	3.1	130			29.880	2.4
原料乾燥, 調合, 粉碎	9.639	1.0	380	43.077	39.6	117.332	9.5
燒 成	916.649	95.1	1,450	29.588	27.2	990.619	80.2
크 링 커 粉 碎				30.350	27.9	75.875	6.1
其 他	7.711	0.8		5.765	5.3	22.124	1.8
計	963.879	100		108.781	100	1,235.830	100
%	78.0			22.0		100	

<表-43> 美国 시멘트 工程別 에너지 原單位

工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10^3Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 ($^{\circ}\text{C}$)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10^3Kcal/TON)	구 성 비 (%)
原 料 採 鑛	8.316	0.6		1.814	3.6	12.852	0.8
原料乾燥, 調合, 粉碎	26.460	1.8		12.701	25.3	58.212	3.7
燒 成	1,387.008	96.4		12.902	25.7	1,419.264	90.8
크 링 커 粉 碎				20.866	41.6	52.164	3.3
其 他	16.38	1.2		1.915	3.8	21.168	1.4
計	1,438.164	100		50.198	100	1,563.660	100.0
%	92.0			8.0		100	

나. 瓶유리

国内 瓶유리業體는 100여개에 달하고 있으나, 自動生 産施設을 갖춘 業體는 10餘個社뿐이다. 그러나 이 業體 들이 生産量의 90% 이상을 차지하고 있다. 本 調査에 서는 이러한 自動生産施設을 갖춘 連續工程에 對한 工 程別 에너지 消費構造를 把握하였다.

1) 瓶유리의 製造工程

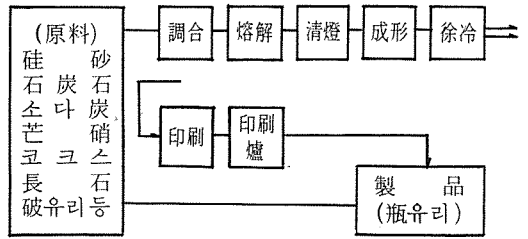
瓶유리의 原料로서는 主原料와 副原料로 区分하여 主 原料는 硅砂, 石灰石, 소다灰가 있으며, 副原料 로서는 芒硝, 코크스, 長石, 破유리등이 있다. 이러한 主原料 와 副燃料를 適當한 比率로 調合한 후 熔解爐에서 完전 히 熔解시킨 후 氣泡를 없애 주고, 粘度를 調節해주는 清澄室로 移動된다. 이후 Forehearth에 의해 適當하고 均一한 溫度로 調節된 유리는 Feeder에 의해 일정형태 의 Gob으로 되어 製瓶을 하게 된다. 製瓶은 보통 두 工 程으로 나누어 지는데 첫번에는 패리슨成形(Parison Forming)이라하여 瓶의 입구와 最終形狀에 가까운 形 을 만든다. 다음에 패리슨(유리소지가 Black Mold에서 成形되기 爲한 예비단계에 있는 유리塊를 말함)이 Blow Molder에 옮겨져 最終 成形된다. 패리슨 및 製品을 만 들기 爲해 壓縮空氣, 眞空, 壓型등을 여러가지로 조합 하여 使用하며 使用方法에 따라 Blow and Blow Process, Press and Blow Press and Vacuum Process 등으로 区分할 수 있다. 成形된 유리瓶은 徐冷過程을 통 하여 再加熱 處理를 함으로써 殘存하고 있는 内部應力 을 없애주게 된다. 徐冷爐를 나온 것은 製品이 되기도 하고, 印刷工程을 거쳐서 製品이 되기도 한다.

瓶유리 製造工程圖는 (그림 -26)과 같다.

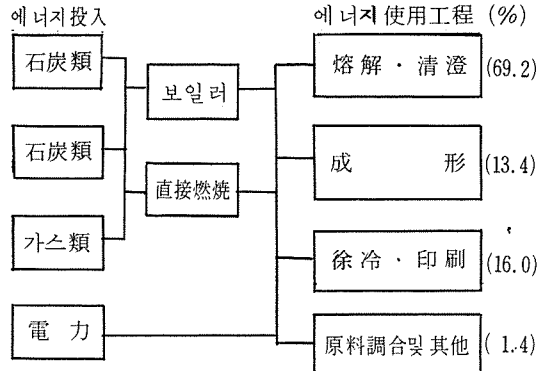
2) 瓶유리 工程別 에너지 使用 構成比

瓶유리 製造에 있어서 가장 큰 比重을 차지하고 있는 工程은 熔解工程이다. 国内의 경우 總에너지 消費의

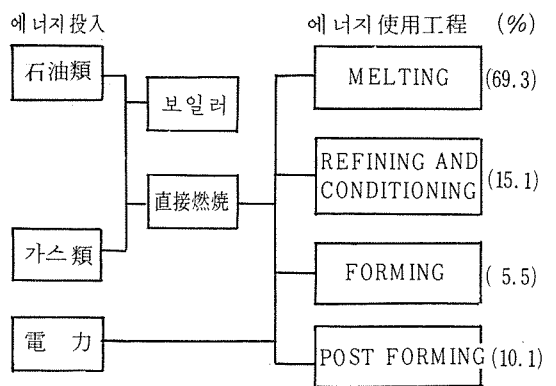
(그림 -25) 瓶유리 製造工程圖



(그림 -26) 瓶유리 工程別 에너지 使用構成比



(그림 -27) 美国의 瓶유리 工程別 에너지 使用構成比



(表 -44) 瓶유리工程別 에너지 原單位

工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 (°C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)
熔 解· 清 澄	1,725.837	76.0	1,550	130.889	47.1	2,053,059	69.2
成 形	111.271	4.9		114.215	41.1	396,809	13.4
徐 冷· 印 刷	420.105	18.5		21,650	7.8	474,295	16.0
原料調合 및 其他	13.625	0.6		11,115	4.0	41,413	1.4
計	2,270.838	100		277.895	100	2,965,576	100
%		76.6			23.4		100

69.2%에 달하는 에너지를 용해工程에서 소비하였고, 美国의 경우도 이와 비슷한 69.3%에 달하는 에너지를 용해工程에서 소비한 것으로 나타나 있다.

国内과 美国의 工程別 에너지 使用 構成비가 [그림 -27]과 [그림 -28]에 나타나 있다.

2) 瓶유리의 工程別 에너지 原單位

国内 瓶유리 1톤당 소비된 總 에너지는 2,966×10³kcal이며, 이중 燃料에너지가 76.6%에 해당하는 2,271×10.3Kcal를, 電氣에너지가 23.4%에 해당하는 278KWH (695×10³ Kcal)를 소비하였다. 燃料 에너지가 使用된 工程에서는 용해 및 澄清工程에서 燃料에너지의 76%에 달하는 1,726×10³ Kcal / TON을 그 다음이 除冷 및 印刷工程에서 18.5%에 달하는 420×10³ Kcal/TON의 順으로 소비하였으며, 電力이 使用된 工程에서는 용해 및 澄清工程에서 47.1%에 달하는 131KWH/TON (32710³ Kcal/TON)을, 그 다음이 成影工程에서 41.1%에 달하는 114KWH /TON (2855×10³ Kcal/TON)의 順으로 소비하였다

한편 美国의 工程別 에너지 原單位를 살펴보면, 国内의 경우와 큰 차이를 발견할 수 있는데 各 工程마다 電力을 많이 쓰지 않고 있다는 점이다. 그 結果 電力 原單位가 總에너지 原單位的 6.4%밖에 미치지 않고 있으며, 그 반면 燃料原單位的 構成비가 電力보다 훨씬 높음을 알 수 있다. 그리하여 燃料原單位는 美国쪽이 높고, 電力原單位는 国内쪽이 높아 總 에너지 原單位는 国内쪽이 약간 더 높게 나타난 바 国内業界에서도 各 工程別로 電氣에너지를 節減하는 面에 研究를 해야 될 줄 믿는다.

이들에 對한 工程別 에너지 原單位를 <表-44>와 <表-45>에 나타내었다.

다. 主要 窯業製品의 에너지 原單位

主要 窯業製品의 에너지 原單位를 <表 -46>에 나타내었다.

<表-46> 主要 窯業製品의 에너지 原單位

製 品	單位	原 單 位			備考
		燃 料 (10 ³ Kcal/)	電 力 (KWH)	計 (10 ³ Kcal)	
슬래그시멘트	TON	21.5	67.7	190.8	
관 유 리	"	5,008.4	123.6	5,317.4	
도자기식기류	"	6,697.7	559.8	8,097.2	
도자기완구류	"	6,285.7	1,898.0	11,030.7	
내화물(샤모트)	"	1,392.0	48.7	1,531.7	

5. 金屬製品

가. 條鋼類

壓延鋼材는 條鋼, 鋼板, 鋼管 및 外輪으로 分類되며, 條鋼類는 다시 棒鋼, 形鋼, 鐵筋, 線材, 軌條등으로 細分된다. 本 調査에서는 條鋼類中에서 그 用途가 多樣하고, 生産量이 많은 鐵筋에 對하여 工程別 에너지 消費構造를 把握하였다.

1) 鐵筋의 製造工程

原鐵 및 古鐵등의 原料를 約 1,600℃의 電氣爐에 용해시킨 후 冷却된 것이 壓延鋼材인 Slab, Bloom, Billet등의 造塊이다. 이들은 다시 적당한 크기로 절단되어 再加熱爐에서 熱處理가 된 다음 壓延, 矯正 등의 工程을 거쳐 形鋼이나 棒鋼이나 鐵筋으로 된다. 原料를 溶解시키는 電氣爐에서 막대한 電力이 投入되고 있는데, 一貫製鐵所의 熔銑을 直接 供給받아서 成分調節을 爲한 原料만 일부 裝入한다면 熔

<表-45> 美国 瓶유리 工程別 에너지 原單位

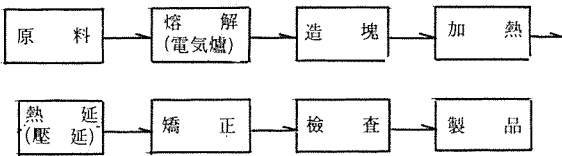
工 程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작업 온도 (°C)	사 용 량 (KWH/TO)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)
MELTING	1,859.760	71.9	1,500	22,176	31.4	1,915,200	69.3
REFINING AND CONDITIONING	413.000	16.0	1,260	2,016	2.9	418,040	15.1
FORMING	57.960	2.2		37,296	52.9	151,200	5.5
POST-FORMING	257.000	9.9	650	9,072	12.8	279,680	10.1
TOTAL	2,587.720	100		70,560	100	2,764,120	100
%	93.6			6.4		100	

□ 研究資料 □

解爐의 電力이 대폭 節減될 수 있는 利点이 있다. 現在 大部分의 製鋼工場에서는 後統工程의 事故時에만 間歇的으로 熔銑을 供給받고 있으나, 이를 정기적으로 공급해 주는 시스템이 準備된다면, 原料를 冷却한 뒤 他 業体에서 다시 이를 熔解爐에서 加熱, 熔解하는데 따르는 에너지를 節減할 수 있을 것으로 본다.

條鋼類의 製造工程이 [그림29]에 나타나 있다.

[그림-28] 條鋼類의 製造工程

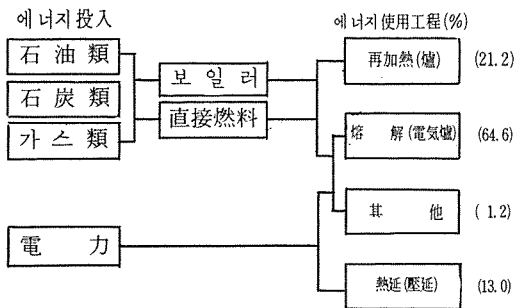


3) 鐵筋의 工程別 에너지 使用 構成比

鐵筋의 工程別 에너지 使用 構成을 보면, 電力이 많이 消費되고 있는 熔解工程에서 全 에너지의 64.6%를 그 다음이 熱處理를 爲한 加熱爐에서 21.2%를 消費한 것으로 보여지고 있다.

工程別 에너지 使用 構成比는 [그림30]과 같다.

[그림-29] 鐵筋의 工程別 에너지使用 構成比



〈表-47〉 鐵筋의 工程別 에너지 原單位

工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 (°C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)
熔 解(電 氣 爐)	38.923	8.6	1.600	479.436	82	1,237.513	64.6
加 熱 爐	406.279	89.6	1.300			406.279	21.2
熱 延				99.395	17	248.488	13.0
其 他	8.234	1.8		5.847	1	22.852	1.2
計	453.436	100		584.678	100	1,916.132	100
%		23.7			76.3		100

4) 鐵筋의 工程別 에너지 原單位

條鋼類의 製品 1톤을 生産하기 위하여 消費된 總 에너지는 1915×10³Kcal이며, 그중 燃料에너지가 23.7%에 해당되는 453×10³Kcal, 電氣 에너지가 76.3%에 해당하는 585KWH (1,462×10³Kcal)를 消費하여 電力原單位가 훨씬 높음을 알 수 있다. 燃料에너지가 使用된 工程에서는 造塊品을 熱處理하기 爲한 加熱爐에서 89.6%에 해당하는 406×10³Kcal/TON을 消費하였으며, 이때 投入된 에너지源은 B-C油이다. 熔解工程에 投入된 燃料은 경우로서 극히 少量 使用되고 있다. 한편 電氣에너지가 使用된 工程에서는 熔解工程에서 82%에 해당하는 479KWH/TON (1.198×10³Kcal/TON)을 消費하였으며, 熱延工程에서 17%에 해당하는 99KWH/TON (248×10³Kcal/TON)을 消費한 것으로 나타났다.

條鋼類의 工程別 에너지 原單位는 〈表47〉과 같다.

나. 厚板製品

鋼板類는 厚板, 中板, 薄板, 電氣鋼板, 鍍金鋼板, 帶鋼表面處理鋼板, 熱延 Coil, Stainless鋼板 등으로 매우 多樣한 製品들이 있다. 本 調査에서는 鋼板類中에서 厚板製品과 熱延 코일에 對한 工程別 에너지 消費構造를 把握하였다.

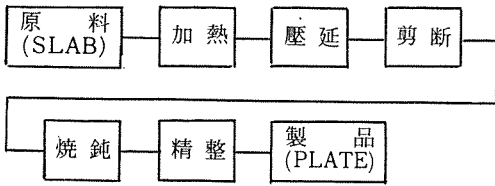
1) 厚板製品의 製造工程

厚板이란 普通 6mm以上の 鋼板이며, 造船用을 主体로 하여 車輛, 파이프, 橋梁, 建設資材등, 主로 重工業의 基幹資材로 폭넓게 쓰이는 鋼板이다.

厚板의 製造工程은 分塊工場 및 連鑄工場에서 生産된 Slab을 Reheating Furnace에 장입시켜 1,250℃程度로 均一하게 加熱한 다음 壓延 및 剪斷을 거쳐 鋼材의 軟化 및 歪曲의 제거등을 爲해 燒鈍爐에서 熱處理를 한 후 Finishing하여 製品으로 된다.

厚板製品의 製造工程圖는 [그림31]과 같다.

[그림-30] 厚板製造 製造工程圖

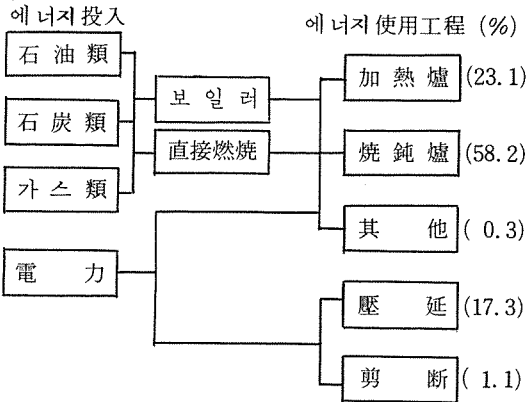


2) 厚板製品의 工程別 에너지 使用 構成比

厚板의 工程別 에너지 使用 構成을 보면, 燒鈍工程에서 總 에너지의 58.2%를, 加熱爐에서 23.1%를 壓延工程에서 17.3%를 使用하였다.

厚板의 工程別 에너지 使用 構成을 보면, [그림 32]와 같다.

[그림-31] 厚板製品의 工程別 에너지 使用 構成比



3) 厚板製品의 工程別 原單位

厚板製品 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 611×10^3 Kcal이며, 이중 燃料에너지가 68.7

%에 해당하는 420×10^3 Kcal가 消費되었고, 電氣에너지가 31.3%에 해당하는 76KWH(191×10^3 Kcal)가 消費되었다. 燃料에너지가 使用된 工程에서는 燒鈍爐에서 燃料原單位의 67.7%에 달하는 284×10^3 Kcal/TON을, 加熱爐에서 32.3%에 달하는 136×10^3 Kcal/TON을 使用하였으며, 電氣에너지가 使用된 工程에서는 壓延工程에서 電力原單位의 55.2%에 달하는 42KWH/TON(105×10^3 Kcal/TON)을, 燒鈍爐에서 37.4%에 달하는 29KWH/TON(72×10^3 Kcal/TON)을 그 外의 工程에서는 極히 少量의 電力을 使用한 것으로 나타났다.

厚板製品의 工程別 에너지 原單位가 <表48>과 같이 나타나 있다.

다. 熱延製品

壓延 鋼材의 種類에는 크게 條鋼과 鋼板으로 區分하고, 鋼板은 板狀鋼材로 厚板과 薄板으로 나눌 수 있다. 熱延工場에서는 分塊工場이나 連續工場에서 나오는 Slab을 再加熱爐에 裝入시켜 約 $1,200^\circ\text{C}$ 로 均一하게 加熱한 다음 抽出하여 連續壓延機에 의하여 6mm以下의 薄板을 生産하는 工場을 말한다. 本 調査에서는 熱延製品 가운데 熱延 Coil에 대하여 工程別 에너지 消費構造를 把握하였다.

1) 熱延 Coil의 製品工程

熱延工程은 크게 加熱 및 冷却工程과 精整工程으로 大別된다. 加熱爐에 裝入된 Slab는 予熱帶에서 서서히 昇溫되고 加熱帶에서 $1,270^\circ\text{C}$ 까지 加熱된 후 均熱帶에서 約 2時間 동안 $1,250^\circ\text{C}$ 程度로 均熱한 다음 粗壓延機에 의하여 壓延된다.

熱延加熱爐의 形式에는 連續式 Pusher Type 과

<表-48> 厚板製品의 工程度 에너지 原單位

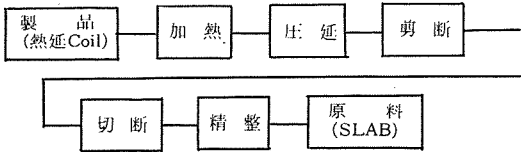
工程	에너지	燃 料			電 力		計	
		사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 ($^\circ\text{C}$)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구 성 비 (%)
加 熱		135.723	32.3	1,250	2,292	3.0	141.453	23.1
壓 延			-		42,178	55.2	105.445	17.3
剪 斷					2,598	3.4	6.495	1.1
燒 鈍		284.472	67.7	750	28,577	37.4	355.915	58.2
其 他					0,764	1.0	1.910	0.3
計		420.195	100		76,409	100	611.218	100
%			68.7			31.3		100

□ 研究資料 □

連續式 Walking Beam Type의 두 種類가 있는데, 前者는 Slab表面에 Skid Mark가 생기는 결함이 있지만, 製品 噸당 燃料原單位가 적고, 後者는 어떠한 결함이 없는 반면 燃料原單位가 큰 것으로 알려져 있다.

[그림33]에 熱延 코일의 製造工程이 나타나 있다.

[그림 32] 熱延 코일 製造工程

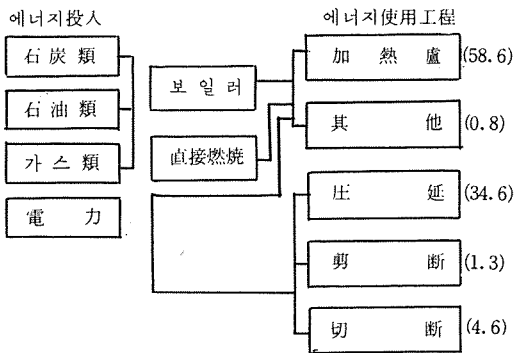


2) 熱延 코일의 工程別 에너지 使用 構成比

熱延 코일의 工程別 에너지 使用 構成을 보면, 總 에너지의 58.6%를 加熱爐에서 消費하고 있으며, 壓延工程에서 34.6%. 그 外의 工程에서는 少量의 에너지를 消費한 것으로 나타나 있다.

[그림34]에 熱延 코일의 工程別 에너지 使用 構成比가 나와있다.

[그림 33] 熱延 코일의 工程別 에너지 使用 構成比



3) 熱延 코일의 工程別 에너지 原單位

熱延 코일 1 噸을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 769×10^3 Kcal로서 類似한 工程을 갖고 있는 厚板製品의 에너지 原單位보다 큰 것으로 나타났다. 이는 燃料原單位에서는 큰 차이가 없으나, 電力原單位에서 熱延 코일의 경우가 훨씬 높았기 때문이다.

熱延 코일 生産에서 燃料에너지의 使用은 모두 加熱爐에 쓰여지고 있으며, 電氣에너지의 使用은 거의 壓延工程에서 使用된 것으로 分析되었다. 또한 燃料에너지와 電氣에너지의 使用比率는 燃料의 경우가 77.8%에 달하는 444×10^3 Kcal/TON, 電力의 경우가 42.2%에 달하는 130KWH (325×10^3 Kcal / TON)를 消費하여 燃料原單位가 높음을 알 수 있다.

[表49]에 熱延 코일의 工程別 에너지 原單位가 나타나 있다.

라. 銅

銅은 非鐵金屬 중에서 그 用途가 多様하고, 工業의 利用도가 높은 製品중의 하나이다. 또한 製鍊業의 特徵이기도 하겠지만, 銅을 生産하는데는 金, 銀 등의 其他 金屬製品의 生産이 수반된다. 銅은 精製過程에서 電氣銅과 銅으로 分類될 수 있다. 本調査에서는 에너지의 消費가 많은 電氣銅에 對한 工程別에너지 消費構造 및 美國의 銅 工程別 에너지 消費構造를 把握하였다.

1) 電氣爐의 製造工程

國內의 製造工程은 大部分이 銅鑛石(ore)으로부터 選鑛을 하고 있는 外國과 달리, 銅(Cu) 27%를 含有하고 있는 銅精鑛(Copper Concentrates) 微細粉末을 導入하여 使用하고 있다. 銅精鑛 微細粉末

<表-49> 熱延 코일의 工程別 에너지 原單位

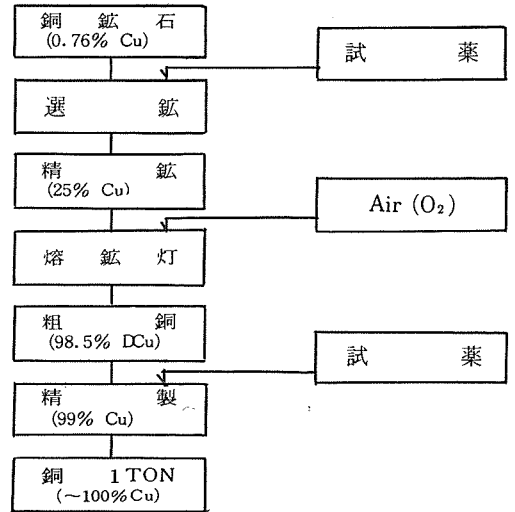
工程	燃料			電力		計	
	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 (°C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10 ³ Kcal/TON)	구 성 비 (%)
加 熱	444.000	100	1,250	2,598	2	450.495	58.6
壓 延				106,518	82	266.295	34.6
剪 断				3,897	3	9,743	1.3
切 断				14,289	11	35,723	4.6
其 他				2,598	2	6,495	0.8
計	444.000	100		129,900	100	768,751	100
%		57.8			42.2		100

은 700°C 程度에서 完全 乾燥되어 熔解工程에서 熔融된 후 60%의 銅을 含有하고 있는 매트(Matte)를 生産한다. 熔解工程에서 金屬氧化物은 監基性으로 작용하여 酸과 反應하여 Slag을 부수적으로 生産하게 되는 데, 이는 다시 電氣爐에서 熔融시켜 매트와 Slag을 生産한다. 生産된 매트는 轉爐에서 99%의 銅을 含有하는 粗銅(Blister Copper)으로 바뀌게 된다. 이 粗銅은 酸化銅과 不純物을 포함하고 있다. 不純物을 제거하기 위해 精製爐에서 精製한 후 99.5%의 銅을 生産한 다음 電解精練 工場에서 高純度製品(99.99%의 銅)을 最終적으로 生産하게 된다. 電氣銅의 製造工程圖는 [그림35]와 같다.

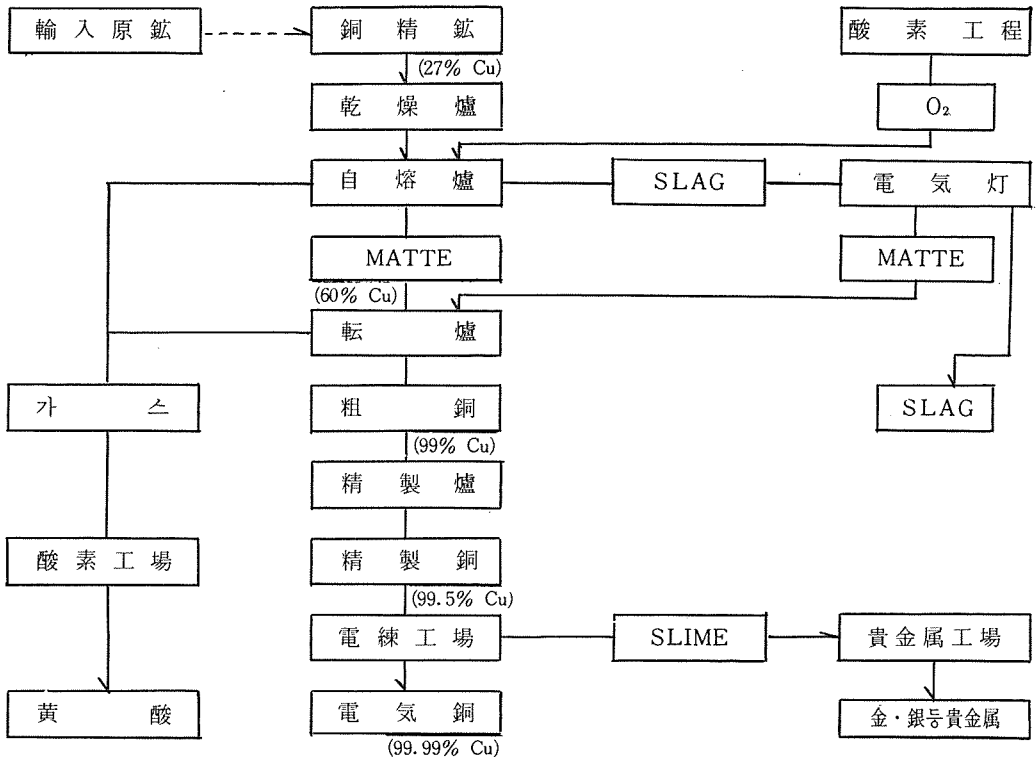
또한 [그림36]은 전형적인 美国의 銅 生産工程을 보여주고 있는데, 銅鑛石(0.76% Cu)을 25%의 銅을 含有한 精鑛石(Copper Concentrates)으로 만들기 위해 選鑛工程(Benefication Recovery)을 活用하고 있다. 熔解工程(Smelting)에서는 大部分의 工場이

反射爐(Reverberatory Furnace)를 使用하는데 이 爐의 特徵은 에너지(Heat)가 爐의 천정으로부터 物體에 放射(輻射)되는 것이다.

[그림 35] 美国의 銅 製造工程圖



[그림 34] 電氣銅의 製造工程圖



2) 電氣銅의 工程別 에너지 使用 構成比

電氣銅의 工程別 에너지 使用 構成을 보면, 自熔爐(Flash Smelting Furnace)의 20.9%, 酸素工場(Oxygen Plant)의 18.7%, 電解精練(Refinery)의 17.2%, 電氣爐의 14.0%의 順으로 나타나 있다.

한편 美國의 工程別 에너지 使用 構成을 보면, Smelting 工程에서 75.9% Refining 工程에서 24.1%로 나타났다. 여기서의 Refining 工程은 國內의 精製爐와 電解精練 工程을 포함한 것이며, 銅鑛石부터가 차이가 있기 때문에 工程別 에너지 使用 構成比에 對한 直接比較는 곤란한 點이 많이 있다.

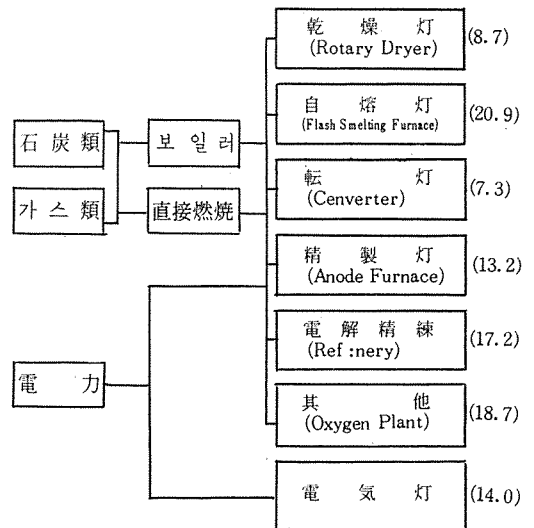
[그림37]과 [그림38]에 各各 工程別 에너지 使用 構成比가 있다.

1) 電氣銅의 工程別 에너지 原單位

電氣銅(99.99% Cu) 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 5401×10^3 Kcal이며, 그중 燃料에너지가 36.0%에 해당하는 1946×10^3 Kcal 電氣에너지가 64.0%에 해당하는 3455×10^3 Kcal로 나타났다. 이는 一次金屬産業의 主 製品인 鐵筋이나 厚板등의 제품과는 比較할 수 없이 높은 原單位라 하겠다.

燃料에너지가 使用된 工程을 보면, 自熔爐에서 40%인 778×10^3 Kcal/TON을 精製爐에서 31.9%인

[그림 36] 電氣銅의 工程別에너지 使用 構成比



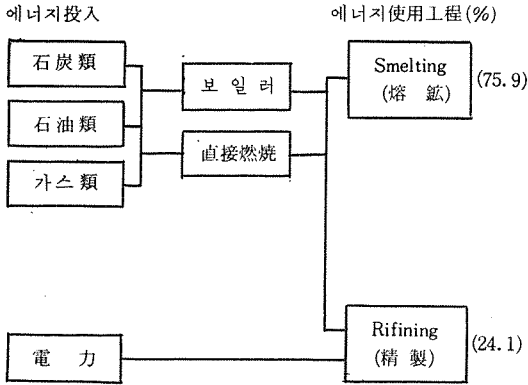
621.10^3 Kcal/TON을 乾燥爐 工程에서 17%인 331×10^3 Kcal/TON을 使用하는 順으로 나타났으며, 電氣에너지가 使用된 工程에서는 酸素工場에서 28.2%인 390 KWH/TON (974×10^3 Kcal/TON)

<表-50> 電氣銅의 工程別 에너지 原單位

工程	燃 料			電 力		計	
	사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구 성 비 (KWH/TON)	작 업 은 도 (°C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구 성 비 (%)
乾 燥 (Dryer)	330.761	17.0	700	55.280	4.0	468.961	8.7
自 熔 爐 (Flash Smelting Furnace)	778.260	40.0	1,400	139.582	10.1	1,127.215	20.9
電 氣 爐 (Electric Furnace)				302.658	21.9	756.645	14.0
轉 (Converter) 爐	13.619	0.7	1,400	153.402	11.1	397.124	7.3
精 製 爐 (Anode Furnace)	620.662	31.9	1,400	37.314	2.7	713.947	13.2
電 解 精 練 (Refinery)	167.326	8.6	60	304.040	22.0	927.426	17.2
其 他 (Oxygen Plant)	35.022	1.8		389.724	28.2	1,009.332	18.7
計	1,946.650	100		1,382.000	100	5,400.650	100
%	36.0			64.0		100	

(註) 間接工程의 Utility(물처리, 하역설비, 공장공장등) 제외 됨.

〔그림 37〕 美国의 銅 工程別 에너지使用 構成比



을, 電解精練工場에서 22.0%인 304 KWH/TON (760×10^3 Kcal/TON)을, 電氣爐에서 21.9%인 303 KWH/TON (757×10^3 Kcal/TON)을 使用하는 順으로 나타났다. <表-50>

한편 美国의 에너지 原單位를 보면, 銅 1톤을 生産하기 爲하여 消費된 總 에너지는 5.058×10^3 Kcal이며, 燃料에너지가 89.1%에 달하는 $4,506 \times 10^3$ Kcal 電氣에너지가 10.9%에 달하는 221 KWH (552×10^3 Kcal)를 消費한 것으로 나타났다. <表-51>

참고로 電氣銅이 아닌 国内의 銅 에너지 原單位는 4038×10^3 Kcal/TON이며, 燃料에너지가 63.1%인 2550×10^3 Kcal/TON을 電氣에너지가 36.9%인 595.5 KWH/TON (1488×10^3 Kcal/TON)으로 나타남바, 이를 美国의 경우와 比較해 보면, 總에너지 原單位는 美国의 경우가 높고, 燃料에너지 原單位도 美国의 경우가 높으나, 電力原單位는 国内이 훨씬 높게 나타났다.

国内의 電氣銅 工程別 에너지 原單位와 美国의 銅 工程別 에너지 原單位가 <表-50>과 <表-51>에 나타나 있다.

마. 主要 金屬製品의 에너지 原單位

主要 金屬製品의 에너지 原單位는 다음의 <表-52>와 같다.

<表-52> 主要金屬製品의 에너지原單位

製 品	單位	原 單 位			備考
		燃 料 (10^3 Kcal)	電 力 (KWH)	計 (10^3 Kcal)	
鑄 鐵 管	톤	1,985.9	210.2	2,511.5	
厚 板 製 品	"	420.2	76.4	611.2	
鋼 管	"	153.6	104.8	415.5	
電 氣 銅	"	1,945.7	1,382.0	5,400.7	
鐵 筋	"	453.4	584.7	1,915.1	
熱 延 코 일	"	444.0	129.9	768.7	

<表-51> 美国의 銅 工程別 에너지 原單位

工 程	에너지	燃 料			電 力		計	
		사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구 성 비 (%)	작 업 온 도 ($^{\circ}$ C)	사 용 량 (KWH/TON)	구 성 비 (%)	사 용 량 (10^3 Kcal/TON)	구 성 비 (%)
Smelting(熔鑛)		3,838,411	85.2	1,204			3,838,411	75.9
Refining(精製)		667,550	14.8	1,120	220.8	100	1,219,550	24.1
計		4,505,961	100		220,800	100	5,057,961	100
	%		89.1			100		100

〔註〕 ① 1 BUT = 0.252Kcal로 계산함.
 ② 1 KWH = 2,500Kcal로 계산함.
 ③ 資料 : Industrial Energy Use Data Book(U. S. A)

職務에는 본분을, 生活에는 분수를