(技) (術) (論) (叢)

廢石膏로부터 시멘트와 硫酸製造 및 其 反應促進劑 炭素의 無煙炭 代替에 關한 硏究

——Study of manufacturing of portland cement and sulfuric acid from waste gypsum and the utilization of anthracite coal other than cokes as reaction promotor——

韓一시멘트工業株式會社 李 錫 宇
丹 陽 工 場 Lee, Suk Woo
Hanil cement plant

Abstract

To manufacture portland cement and sulfuric acid from gypsum has long been established in Europe. As sulfur, more Precisely sulfuric acid, is getting around shortage, it boosts hunt for alternate sources and for new fertilizer process. As the result, all the countries in the world is constructing this kind of plant and produce portland cement and sulfuric acid from natural or chemical gypsum. So, as we have chemical phosphogypsum which is by produced from the course of phosphoric fertilizer manufacturing process at the Ulsan and the chinhal fertilizer companies, Auther have attempted to produce portland cement and sulfuric acid from the Ulsan fertilizer plant by produced gypsum. Also as cokes is the reaction promotor of this process, Author utilized the Korean Anthracite coal instead of cokes which is used in foreign countries.

As to produce portland cement that meets to specifications and to increase sulfuric acid production yield depend on the complete decomposition of gypsum, author made in first experiment that, to find those conditions as reducing or oxidizing atmosphere of burning, temperature, reaction time period and carbon amount affect the gypsum decomposition rate, and in the second experiment, the manufactured cement was tested according to Korea standard (also. A.S.T.M.) specifications to find the results to be quite satisfactory and in the third experiment, the decompcsed SO_2 gas was absorbed into the water and tested the Produced sulfuric acid on qualitative tests all the tests were quite satisfactory in the results.

目 次

1. 序 論
2. 實驗方針
3. 實驗 1. 石膏의 分解
3.1 原料調合
3.2 實驗結果와 考察
4. 實驗2. 廢石膏로부터 製造한 시멘트의 物性
4.1 序
4.2 實驗方法
4.3 實驗結果 및 考察
5. 實驗3. 石膏分解 SO_2 gas로부터 硫酸製造
5.1. 序
5.2. 實驗方法
5.3. 實驗結果 및 考察
6. 結 論

1. 序 論

石膏로부터 포틀랜드시멘트와 硫酸을 製造하는 方式은 오래前 부터 歐羅巴[1]에서 採擇製造하여왔으나 最近 肥料製造等의 硫酸需要가 激增함따라 英國, 濠洲, 美國[2] 및 南美諸國에서 이 種類의 新式工場建設이 增加하고 있는 實情이다.

이에 따라 國內에도 第3 및 第4 肥料工場에서 複合肥料를 製造할때 副生되는 石膏가 있는 故로 天然石膏가 아닌 副產化學石膏로서 시멘트와 硫酸을 國內原料로서 製造해 보는것이 이 實驗의 一次目的이며 또 外國에서 反應促進劑로서 cokes[3]를 使用하고 있는데 反하여 國內無煙炭으로 代替實驗한 것이 第2義의 目的이다.

規格에 맞는 포틀랜드시멘트를 製造한다는것과 硫酸生產量을 增加시키는것은 一律的으로 石膏의 完全分解가 前提條件임으로 第1實驗에서는 石膏의 分解에 미치는 燒成雰圍氣, 溫度, 燒成時間및 炭素添加量에 對해서 分解程度에 미치는 影響을 發見하고 第2實驗에서는 製造된 cement를 規格에따라 試驗하여 其 物性을 檢討하고 第3實驗은 生成硫酸으로 定性實驗을 하였다.

Table 1. Analyses of raw materials

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	P_2O_5	Ig loss	Total
Gypsum	3.70	1.51	0.25	30.70	0.10	43.43	( ) 20.14		99.83
Clay	56.78	18.61	7.05	1.41	1.61	—	10.11		95.57
Iron Ore	—	—	50.62	—	—	—	—		—
Ash	53.04	36.02	2.22	4.49	0.81	—	0.23		96.81

Coal H_2O 0.52 VM 6.28 ash 23.67 F.C. 69.69 5,865 cal

2. 實驗方針

上記 Table 1은 本實驗에 使用한 諸原料의 分析値이다. gypsum은 第 3 肥料工場副生石膏 clay, Iron Ore, 및 coal은 當工場使用原料이다

上記原料를 cement clinker가 되도록 混合比率에 맞추어 混合後 燒成하였다. 이때 亞硫酸(SO_2) gas가 石膏로 부터 發生하며 其反應式은 아래와 같다.

$$(i)\ CaSO_4+2C=CaS+2CO_2$$
$$(ii)\ 3CaSO_4+CaS=4CaO+4SO_2$$

分離된SO_2 gas는 硫酸製造工程으로 들어 가고 遊離된 CaO는 clay, Iron Ore 및 coal ash 中의 Al_2O_3 Fe_2O_3等과 結合하여 cement clinker가 된다. CaO를 遊離시킴에있어서 gas burner와 電氣爐(Silit)를 使用하여 分解差異를 比較하였으며 燒成時間 및 炭素量에 對해서도 考察하였다. 製造된 clinker는 KS規格에따라 引張强度, 壓縮强度, 凝結時間 및 安定度를 試驗하였다. 그리고 硫酸은 石膏가 完全分解만되면 本質的으로 SO_2 全量이 硫酸製造에 轉換해 들어감으로 定性實驗으로 끝내었다.

3. 實驗1. 石膏의 分解

第3 肥料工場副生石膏는 微粉末로 되어있어서 (170mesh殘渣 8.5% 220°C乾燥) 粉碎를 하지않고 60°C에서 附着水分을 乾燥시켰고 其他原料는 115°C에서 乾燥하여 이 原料를 cement clinker 組成에 맞도록 Hobart mortar mixer에 넣어 1 hour 中速으로 混合한 後, 燒成時에 石膏結合水脫水過程에서오는 沸騰現象을 막기 爲하여 220°C dry oven에서 豫熱脫水하여 試料에 供하였다.

3.1.1 燒成雰圍氣가 $CaSO_4$分解에 미치는 影響

上記原料를 白金도가니에 넣어 1200°C에서 1 hour各各을 種類가 다른 爐에서 燒成한 結果는 Table2와 같다.

Table 2. Analyses of clinker made from gypsum. affected by various furnace(atmosphere)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Ig loss	Total
Silit Furnace	16.87	4.75	2.99	55.38	0.06	17.18	0.15	97.38
Muffle furnace	18.24	5.13	3.24	59.90	0.10	9.04	0.15	95.78
Gas(propane) burner	18.24	5.75	3.13	68.15	0.58	3.14	0.25	99.24

* 原料는 豫備試驗用으로 未分解 $CaSO_4$殘留 및 P_2O_5이 CaO와의 結合을 考慮하여 石灰比가 높으게 주어졌다.

3.1.2. 燒成溫度가 $CaSO_4$分解에 미치는 影響

燒成溫度가 950°C때와 1200°C때의 分解差異는 Table 3과 같다.

3.1.3. 燒成時間이 $CaSO_4$에 分解에 미치는 影響

上記原料를 1200°C에서 1 hour 및 2 hour 燒成時間을 變更 했을때 分解差異는 Table 4에 表示

Table 3. Analyses of clinker made from gypsum (burned at 950°C and 1200°C(respectively)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Ig loss	Total
950°C	11.44	3.57	1.07	39.96	0.20	43.65	—	—
1200°C	18.24	5.75	3.13	68.15	0.58	3.14	0.25	99.24

Table 4. analyses of clinker made from gypsum (burned at 1200°C for 1 hour and 2 hours respectively)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Ig loss	Total
1hr	18.24	5.75	3.13	68.15	0.58	3.14	0.25	99.24
1hrs.	18.83	5.93	3.23	70.38	0.60	0.13	0.25	99.19

하였다.

3.14 炭素量이 $CaSo_4$分解에 미치는 影響

Table 5는 $CaSO_4$%의 5%量 만큼의 無煙炭과 混合한 原料를 燒成한것과 이 原料에 20%에 該當하는 活性炭素를 添加하여 燒成한 clinker의 分解程報를 SO_3%로 表示 하였다. 燒成時間은 各各 1 hour이다.

Table 5. SO_3% of clinker from gypsum burned at 1200°C 2hours with carbon% varied

5% carbon	3.14 (SO_3) %
20% 〃	0.49 (SO_3) %

3.2. 實驗結果와 考察

3.2.1. 燒成雰圍氣의 影響結果

Table 2에서 보는바와 같이 1200°C에서 한 時間 燒成한 clinker가 Silit furnace인 境遇는 內容物이 固熔體가 生成되었으며 SO_3%가 17.18% 였고 이를 粉粹하여 空氣疎通이 좋있는 Electric muffle furnace에서 1 hour 同溫에서 燒成을 追加했을때는 CaS가 分解되어 SO_3%가 9.04%로 떨어졌다. 또 propane gas burner에서 燒成했을때는 SO_3%가 3.14%로 最少値인 最適條件을 나타

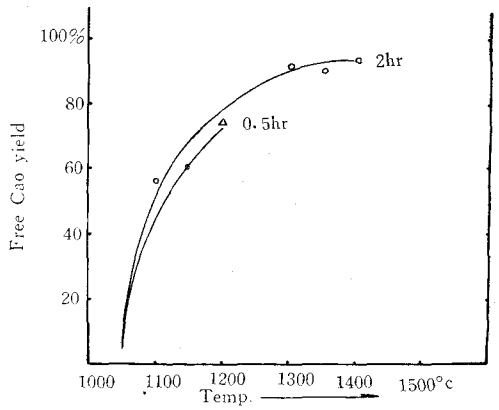

Fig 1. $CaSO_4$ decomposition in newtral flame

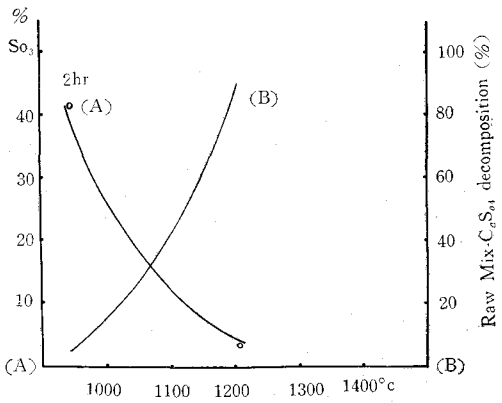

Fig 2. Raw mix-$CaSO_4$ decomposition

내었다. 이에 對해서 石膏만의 경우 還元氣流中에서는 約 850°C에서 分解가 始作되어 CaO 및 CaS가 生成되고 中性炎中에서는 1020~1050°C에서 分解가 始作되며 Fig 1 電氣爐中에서는 1350°C부터 始作되나 固相表面에서의 共融($CaO-CaSO_4$) 液相의 生成에 依한 抑制作用에 依해서 分解가 거이 進行되지 않는다고 한다.[4] West 氏에 依하면 石膏에 酸性酸化物等을 添加하여 1250°C에 加熱했을 때의 固相의 組成에 對하여 Table 6과 같이 된다고 한다.[4] 이와같이 CaO와 反應性이 높은 것 일수록 解理壓을 높여 보다 低溫에서 $CaSO_4$를 分解시킴은 Cement 및 硫酸製造上 重要한 要素로 되어있다.

Table 6. Decomposition product solid phase yielded by the addition of Oxides to $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

additives	addition amount(%)	solid phase constitution (after sintering)
SiO_2(Flint)	10. 30	$CaSO_4$, CaO, γ2CaO.SiO_2 α quartz
Fe_2O_3(c.p)	20	$CaSO_4$, CaO, CaO.Fe_2O_3, Fe_2O_3
$Al(OH)_3$(c.p)	20	$CaSO_4$, CaO, γ-Al_2O_3
Kaolin	20	$CaSO_4$, CaO, Calcined Kaolin

3.2.2 燒成溫度의 $CaSO_4$分解에 미치는 影響結果

燒成溫度가 $CaSO_4$의 分解에 주는 影響은 Fig1에 나타나있고 本實驗에 使用한 clinker 原料를 燒成한 溫度別 分解程度는 Fig 2에 表示하였다. Fig 1과 Fig 2를 比較컨데 clinker組成原料는 clay, Iron ore, 및ash 等의 Fluxing 效果로 $CaSO_4$만의 경우보다 分解溫度가 低溫부터 促進이 始作됨을 알수있다. 950°C에서 SO_3가 많은것은 低溫이기는 하나 coal이 灰化溫度以上인 故로 非酸性雰圍氣에서는 $CaSO_4+2C \rightarrow CaS+2CO_2$에서 炭素의 燃燒로 $CaSO_4$가 CaS로 까지 分解가 되기는 했으나 CaS가 CaO와 SO_2로까지는 分解되지 않은 過程으로 解釋되며 이보다 高溫으로 됨에 따라 反應速度가 빨라져서 $3CaSO_4+Cas \rightarrow 4CaO+4SO_2$ 生成이 促進됨으로 SO_2 gas가 遊離되어 高溫에서는 SO_3%가 적어진다. 그러나 燒成溫度가 充分히 높아도 酸素供給이 거이없는 還元雰圍氣에서는 未燃燒炭素는 固熔體속에 끼어든다. 이때는 分解效率이 低下되며 이런 現象은 또한 原料組成이 低融點의 것으로 $CaSO_4$分解反應速度보다 融合反應速度가 클때 等에도 일어난다고 想定할 수 있다. 이와같이 一旦 固熔體中에 介在된 殘留炭素는 完全灰化를 하기 爲해서는 固熔體內에 介入하기 前에 灰化할때 보다 困難할것이기때문에 過量의 空氣를 供給해야 할 것인 故로 이것은 工業的인 意味에서 還元性雰圍氣여야 할 分解過程初期帶에 까지 酸素過多를 招來할것이기 때문에 不利할 것이다. 따라서 燒成雰圍氣와 溫度는 다같이 重要한 要件임을 이 實驗을 通하여 알았다.

3.2.3 燒成時間의 $CaSO_4$分解 影響結果

Fig 1에서 燒成時間이 $CaSO_4$分解에 미치는 程度가 表示되어 있다. 分解反應의 大部分은 反應溫度에 倒達하고 부터는 約 30分以內에 大略進捗되고 時間의 延長은 別로 큰 影響이 없는것같다. 그러나 實際 規格에 맞는 시멘트製造와 硫酸收率增加는 殘留 SO_3分의 撤底한 驅出로 成立되는 故로 最適反應時間은 Kiln의 길이, 直徑, 回轉速度 및 傾斜等에 依해 調整되도록 Kiln의 容量設計에 反映될 것이다.

3.2.4 炭素量의 分解影響結果

關谷氏에[4] 依하면 CO gas中에서는 900°C에서 다음 ①式의 反應에 依한 吸熱이 始作하고 5% 炭素添加時에는 800°C에서 ②의 反應이 또이어서 ②式에서의 生成物인 CaS와

$2CaSO_4+4CO=CaO+CaS+SO_3+4CO_2$ …①

$CaSO_4+4C=CaS+4CO$ ……②

$CaS+4CaSO_4=4CaO+4SO_2+CaSO_4$ ……③

殘存 $CaSO_4$와 1000~1250°C사이에서 ③의 反應을 일으켜 20%炭素添加時에는 ②式의 反應이 615°C에서 始作하여 ③式의 反應이 階段的으로 일어나서 1100°C에서 끝난다고 한다. 한편 Table 2의 clinker組成이되는 原料를 1200°C에서 1 hour燒成했을때 SO_3%는 3.14%였는데 이 原料에 20%의 active Carbon을 追加했을 때는 같은 燒成條件으로 SO_3 0.49%로 減少되어 Carbon量增加가 $CaSO_4$分解에 効果的 이었음은 上記說明과 一致하고있다. 그러나 이 現象은 $CaSO_4$와의 C의 接觸反應面積增加로 反應이 促進되는 것으로 實際 無煙粉炭 5%만 添加한 原料로도 燒成時間을 2 hour로 했을때 本實驗에서 SO_3%는 0.13%까지 下降한 例가 있어 實際工業에서 熱消費面에서 過量炭素使用에는 限界가 있으므로 過量炭素의 固熔體內의 混入을 招來하는 것보다 國產無煙炭의 熱消費量限度까지의 增加는 보다 좋은 結果를 나타낼 것이며 燒成溫度를 $CaSO_4$의 分解溫度에서 clinker 生成溫度까지 上昇시키면 3.2.2項에 說明된다바같이 完全히 分解가 促進될 것임으로 實際 Cokes는 國產無煙炭으로 代替가 可能함을 全的으로 無煙炭만 使用한 本實驗이 立證하고 있다.

4. 廢石膏로부터 製造한 시멘트의 物性

4.1. 序

實驗 1의 結果 $CaSO_4$를 分解하는 要件으로서 電氣爐가 아닌 gas burner(kiln도 同類)에서 그리고 還元性雰圍氣에서 또 1200°C以上의 高溫에서 및 充分히 反應할 時間下에서 充分한 所要量의 炭素를 供給하고 組合原料組成이 分解反應初期에 固熔體가 생기지 않는 等 與件下에 促進됨을 알았다.

本實驗에서는 化學石膏로부터 製造된 세멘트의 凝結時間, 몰탈强度 安定度 溶解熱 및 粉粹性等 cement의 物性에 對하여 究明하였다.

4.2 實驗方法

4.2.1 原料處理, 燒成 및 製品

原料混合物의 組成은 Table 2의 LSF를 좀 낮게 修正하고 原料處理方法은 第 1實驗에 準하였으며 原料가든 pt crucible은 처음에 外氣의 O_2와 C가 反應하는것을 막고 C는 $CaSO_4$中의 O_2와만 反應을 시킬 目的으로 뚜껑을 닫어 外氣酸素接觸을 遮斷하도록 1200°C까지 急激히 加熱하고 1 hour 內에 反應이 끝나 CaS가 生成된 後는 CaS를 外部 O_2와 接觸시켜 SO_2로 變하게하여 酸化離脫시키도록 뚜껑을 열어 다시 1200°C에서 1 hour 燒成을 시켰다. 이때 Free CaO는 9.5%였고 이것은 Table 6의 West氏에 依한 1250°C 加熱後의 固相의 組成에서 各各 많은 Free CaO가 生成되는것과 一致한다. 이것은 實際 工業的 Kiln에서는 Kiln inlet에서 未燃燒 injection coal dust가 發見되는 것과 같이 制限된 空氣供給으로서 初期反應을 促進시킬것이며 이 未燃燒 injection coal dust를 inlet에서는 남도록하는 燃燒方式은 炭素의 原料混合過程을 簡略하게 할수 있는 可能性이 있을 것이다. Kiln inlet에서 反應生成된 CaS는 Kiln outlet로 가까워짐에따라 Cooler에서 오는 2次空氣와 高溫反應하여 CaO로 分解되어 Clinker 生成反應이 促進될것이다.

1200°C에서 1 hour 燒成한 Free CaO 9.5%의 이 Clinker는 實際 cement의 Free CaO 約 1.5%보다 너무 높은 것이었음으로 그대로 1200°C의 電氣爐에 옮겨 2 hours 동안에 1400°C까지 올려 1400°C에서 0.5 hour 維持시켜 大氣中에 放冷하였으며 이때 Free CaO는 0.95로 줄어들었다. 이것은 石膏가 1200°C에서 分解되며 clinker 反應이 1300°C에서 急進[5]함과 一致하고 있다. 이와같이 燒成한 Clinker에 石膏를 加하여 粉碎한 cement의 分析値는 Table 7과 같다.

Table7. Analyses of cement from gypsum

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	P_2O_5	Ig loss	Sum
19.55	5.82	3.44	64.35	0.31	3.00	1.52	0.69	98.68

4.2.2 凝結時間 및 mortar 强度測定

燒成된 clinker에 SO_3가 3.0%가 되도록 Mexico産天然石膏를 添加하여 Blaine을 2970cm²/g로 Test mill(Retsch mortar mill)에서 粉碎하였다. (試料不足으로 Ball mill의 Boal coating 附着防止目的) 얻어진 試料 cement에 對하여 粉碎性과 KSL 5103 Gillmore針에 依한 凝結時間測定, KSL 5105 및 KSL 5104에 依據 壓縮强策와 引張强度試驗을 하였다.

4.2.3 安定度試驗

安定度試驗은 KSL 5107의 Autoclave 膨脹度試驗方法에 依하여 實施하였다.

4.3 實驗結果 와 考察

4.3.1. 凝結時間 및 mortar 强度試驗結果

副生石膏로부터 製造한 cement의 KSL 5103에 依한 凝結試驗結果는 Table 8과 같다.

Table8. Physical property of cement made from gypsum

Blaine	Setting time*(hr)		Autoclave(%)	Tensile strength			compressive Strength** (kg/cm²)		
cm²/g	Ini.	Fin.	soundness.	3day	7day	28day	3day	7day	28day
29.70	4.05	6.15	good	28.8	33.7	36.6	255	317	422

* consistency H_2O 25%
** Flow 120 (Ottawa sand)

生成된 clinker의 $CaSO_4$와의 固熔體는 粉碎하기 困難한 物性을 나타내었다. 故로 原料組成이나 燒成條件이 $CaSO_4$의 Clinker와의 固熔體의 熔融物의 形成을 最少로 줄이도록 함이 必要하며 이것은 低溫에서 生成되는 Clinker의 $4CaO.Al_2O_3\ Fe_2O_3$와 같이 低融物의 固化로 粉碎性이 좋지못한 것으로 生覺된다. 凝結時間은 一般的인 國內 cement보다 顯著히 遲延되고 있음을 본다. 이의 原因은 첫째 P_2O_5에 있는 것으로 看做된다. P_2O_5를 除去하지는 못하는 故로 이 Cement로서는 SO_3%를 最少로 줄이는것이 重要하다. 이 Cement는 P_2O_5의 作用으로 當工場의 clinker와 同率混合하여 石膏를 添加하지 않고 凝結시켰을때 初結은 15分이었으나 終結은 2 hours가 넘어 凝結時間의 顯著한 遲延效果를 나타내었다

强度는 Flow値가 120인데 早强 cement 程度의 最期高强度値를 나타내었다. 이 現象은 SO_3가 높기때문인 것으로 解釋된다. P_2O_5 1% 增加에 $3CaSiO_2$ 9.9%가 減少되고 $2CaO\ SiO_2$ 10.9%가 增加한다는 Bogne氏의 說[6]과 一致되지않는 現象이나 其反面 MgO[7]가 적기때문에 相對的으로 $3CaO\ SiO_2$鑛物의 增加로 因한 效果라고도 解釋된다. 또 이 早期强度의 發現은 一般的인 Ball Mill가 아닌 Mortar mill을 使用했기 때문에 粉末分布가 微粒子가 많은 比率의 狀態것으로 理想的으로 分布된 것이라고 解釋되며 이로 因한 水和反應速度가 빨러 初期强度가 上昇한것으로 看做되며 P_2O_5가 2.25%이면 規格强度에 未達된다는 說[7]을 一掃하고 第 1種 cement로서 强度에 있어서 何等遜色이 없음을 나타내고 있고 또 Uganda[8]에서는 P_2O_5가 높은 石灰石으로 부터 cement를 製造하고 있는 例도 있어 强度가 좋은 限 凝結時間의 遲延現象은 이 cement를 Remicon에 使用[9]했을때 보다 適合할 것으로 思料된다.

4.3.2 Autoclave 安定度試驗結果

KSL 5107의 Autoclave 安定度試驗結果는 表面이나 內部에 龜裂이나 不安定한 痕跡을 全然識別못했으며 大端히 滿足스러웠다. 이것은 成分上 MgO와 Free CaO (0.95%)가 적었으며 Alumina가 $CaSO_4$와 反應하여 C_3A 成分이 줄어든 것도 生覺할 수 있다.

5. 實驗3. 石膏分解 SO_2 gas로부터 硫酸製造

5.1. 序

國內 第3 및 第4 肥料工場에서 硫酸을 製造할 때 硫黃을 燃燒시켜 SO_2 gas化하여 生產하고 있다. 이것은 石膏($CaSO_4$)에서 分解生成된 SO_2 gas와 本質的으로 同一한 것으로 이 分解 SO_2 gas는 그대로 硫酸工場에서 處理使用될 수 있는 것이다. 石膏로부터 cement를 製造하고 分解된 SO_2 gas는 其濃度가 9%[1]로 이 濃度는 硫酸收率에 影響할 것이며 最近 cement工業에서 燒成時 空氣代身에 酸素를 使用[10]하는 例도 있어 이와 結付시키면 收率이 旣存施設보다 向上될것이다. 分解된 SO_2 gas와 SO_3 gas는 本質的으로 全量이 硫酸으로 될것이기 때문에 本實驗에서는 生成된 硫酸의 定性實驗에 끝이기로 했다.

5.2. 實驗方法

調合原料를 Electric muffle furnace에 넣고 1000°C에 維持하였다. 放出되는 SO_2 gas를 aspirator에 連結하여 蒸溜水에 吸收시켰으며 其中間에 gas를 冷却할 目的으로 Liebig Condenser를 連結했다. 蒸溜水에 SO_2 gas를 20分間 吸收시킨 後 $BaCl_2$ solution으로 $BaSO_4$를 沈澱시켰고 0.1N-NaOH Solution으로 titration 하였다.

5.2.1 H_2SO_4定性試驗

蒸溜水에 SO_3를 吸收시킨 이 溶液은 Methyl orange에 對해 酸性呈色을 나타냈으며 $BaCl_2$ Solution에 依해서 $BaSO_4$의 白色沈澱物을 相當量生成시킴으로서 H_2SO_4의 生成을 明確히 確認할수 있었으며 0.1N-NaOH Solution으로 中和滴定을 하여 稀薄硫酸임을 確認하였다.

5.3. 實驗結果 및 考察

硫酸製造의 量化學的 分析을 할려면 $CaSO_4$의 分解에서 Cement의 製造 및 硫酸製造過程에 이르는 Pilot plant가 있어야 할것이나 이 實驗에서는 $CaSO_4$의 完全分解는 SO_2 gas 全量이 硫酸으로 轉換한다는 前提로 出發한 故로 硫酸의 定性確認만으로 石膏의 分解에서 cement의 製造와 其物性實驗의 成功 및 硫酸의 製造까지 一貫하여 良好한 結果를 얻었다.

6. 結 論

1) 化學石膏는 乾燥했을 때 粉末度가 높아 粉碎할 必要가 없는 利點이있어 工業化 때 投資低廉 및 原價節減이 될것이다.

2) 反應促進劑로서의 炭素를 高價인 cokes를 外國에서 使用하나 이를 完全히 國產無煙炭으로 代置시켰다.

3) 製造된 (石膏分解에서)cement는 KS 및 ASTM 諸規格에 맞는 훌륭한 製品이다.

4) $CaSO_4$의 完全分解는 SO_2 gas가 全部硫酸으로 轉換生產됨의 同義語이며 生成된 硫酸은 定性實驗으로 證明하였다.

References

1) chemistry of cement and Concrete Lea and Desch 31
2) Industrial world journal 4. 42, 45(1968)
3) Minerals processing 11. 14 (1968)
4) Sekko. sekiya michio 68 (1964)
5) The chemistry of portland cement, Bogue. 124 (1955)
6) The chemistry of portland cement, Bogue 374 (1955)
7) The chemistry of portland cement, Bogue 678 679(1955)
8) Manufacture of portland cement from phosphatic raw materials Vth-ISCC Witlod Gutt, M.Sc., PH.D. F.R.I.C. united Kingdom Paper No.1-9(1968)
9) Youp Hwaeji(journal of Korean Ceramic Society) Kim Jin Won Lee Suk Woo Vol.5 No.2(1968)
10) SO_3 abstract and news letters Vol.5. No.2 (1967)

(1969. 5. 9 接受)