

非金屬 製鍊에 따른 水質汚染 對策

朴 仲 鉉

1. 緒 言

經濟規模가 커짐에 따라 非鐵金屬의 수요가 증가함은 自然的인 추세이므로, 國內에 非鐵金屬을 製鍊할 수 있는 施設을 가져야 함은 事實이나, 그의 經濟성과 아울러 巨視的인 眼目으로 環境保存에 대한 綜合的인 對策을 세워야 한다. 우리는 先進工業國의 例에서 環境汚染이 얼마나 치명적인 것인가를 많이 보아 왔다. 따라서 事前에 汚染防止에 대한 充分한 對策을 세워서 産業地區 建設을 추진해야 할 것이다. 만약 적절한 時期에 合理的 對策을 마련하지 못한다면 그의 피해는 막대할 것으로 思料된다.

汚染防止는 물론 철저하고 엄격할 수록 좋다. 그러나 實際에 있어서는 經濟的生產과 적절한線에서 調和를 이루어야 하므로 完全한 汚染防止는 不可能할 것이다. 故로 汚染 最小化의 방안을 마련하지 않으면 안된다.

대체로 非鐵金屬製鍊에서 발생하는 公害는 大氣 汚染, 河川 및 海水汚染, 土壤汚染으로 大別할 수 있다. 이러한 各種의 汚染에 대한 對策은 技術的으로 여러가지 좋은 方法이 있음은 사실이다. 그러나 이러한 技術的인 問題에 앞서, 本質的으로 重要한 問題는 우리가 公害의 問題를 얼마나 深刻하게 생각하고 있으며 어느 정도까지의 金錢과 努力의 희생을 甘受하면서라도 이 汚染問題를 解決하려 하는가 하는 마음 가짐에 있을 것이다.

금번 추진하고 있는 溫山地區의 非鐵金屬 製鍊所는 銅製鍊을 주로하여 기타 鉛등의 非鐵金屬을 생산하게 될 것이다. 銅은 年產 약 10만톤의 생산규모로 생각된다. 여기서는 銅製鍊에 관한 여러가지 問題點을 中心으로 汚染問題를 다루 보고자 한다.

2. 非鐵金屬 製鍊에 따른 汚染과 對策

(1) 大氣汚染

工場을 稼動함에 따라 연돌로 排出되는 莫大한 量의 燃燒가스에 依하여 汚染되는 大氣公害와 機械 或은 裝置에서 直接 飛散되는 粉塵, 惡臭, 熱氣에 의하여 야기되는 環境公害를 들 수 있는데 연돌에서 排出되는 大氣公害는 인근주민과 植物圈에 피해를 주며 工場內의 환경 公害는 從業員의 健康과 作業能率을 威脅하는 結果를 가져온다. 銅製鍊에 있어서 나타나는 가스狀의 汚染物質은 硫黃化合物, 질소化合物, 산소化合物, 할로겐化合物, 유기化合物등을 들 수 있으나 각각 그 정도는 製造工程과 原鑛에 따라 判異하다. [表1]에서 보는 바와 같이 銅제련에서 가장 많이 배출되는 硫黃化合物에 대해 精算推定해 보기로 한다.

銅製鍊工場 建設計劃에 依하면 1次的으로 電氣銅 年產 10만톤과 그 副產物로서 黃酸 30만톤이고 1980年代에 가서 2次的으로 倍加增設하게 되어 있다. 工場에 投入되는 原鑛은 [表1]에서 보는 바와 같이 大略 精鑛으로 해서 그中 3分하여 銅, 鐵, 硫黃으로 되고 其他 成分은 極히 적은 分量으로 包含되어 있음을 알 수 있다. 이 原鑛 중의 硫黃(S)分은 製鍊時에 黃酸으로 철저히 回收되지 못하는 工程上의 어려움에서 未回收의 大部分이 연돌로 逸出 되는데 燃料自體의 硫黃分도 이에 加算되어 亞黃酸가스(SO₂)의 形態 或은 無水黃酸(SO₃)의 形態로 되어 全 硫黃化合物의 1%~3%가 大氣中으로 放出된다. 물론 이외에도 연소가스에 섞여서 나가는 카드뮴(Cd) 화합물, 염소(Cl) 화합물 불소(F) 화합물 혹은 鉛(Pb) 화합물등의 유해물질이 대기중으로 擴散된다고 볼 수 있다. 이제 黃

表-1 銅精鉍分析值

品 種	Cu	Fe	S	Zn	Pb	SiO ₂	備 考
銅精鉍(下品)	22.5%	32.3%	27.8%	1.4%	0.17%	7.0%	
銅精鉍(上品)	28.2%	27.5%	33.6%	7.2%	0.92%	2.4%	
平 均	25.4	29.9	30.7	4.3	0.35	4.7	

酸 生産量을 年産 30만톤으로 잡고 시간당으로 계산하면 시간당 약 42톤이 나온다. 이 중의 일부만 大氣 中으로 放出되어도 그 量이 매우 막대함을 알 수 있다. 이 많은 硫黃化合物이 大氣 中에 擴散되어 人間과 動植物에 被害가 안 생기도록 着地 濃度 0.02ppm以下로 稀釋되게 하려면 施設面에서 세심한 배려가 있어야 할 것이다. 이를 위해 硫黃化合物의 積極的인 回收를 위해 製鍊산업의 人접지 유치를 통해 체계적인 對策을 세워야 한다. 또한 汚染防止를 위한 積極的인 施設을 갖추어야 한다. 이와 아울러 A.P.I. (大氣汚染指數)의 측정을 제도화하는 方案도 생각도 생각해 볼 수 있다.

(2) 河川 및 海水오염

水質汚染의 問題는 사실상 大氣汚染의 問題보다 훨씬 深刻하며 複合的인 性格을 띠고 있다. 특히 非鐵金屬의 一次 製鍊과 加工의 과정에서 유실되는 銅, 鉛, 亞鉛, 크롬등의 重金屬은 微量으로 人間과 動·植物에 치명적인 피해를 입힐 수 있다. 銅, 水銀, 6價 Cr, 鉛등은 특히 치명적인데 이러한 重金屬등이 銅製鍊時에 廢水에 의해 河川으로 流出된다는 데에 주의해야 한다. 여기에 대처하기 위해서는 첫째로 重金屬을 많이 포함한 廢水를 回收할 수 있는 製鍊 産業을 연관시켜 排出되는 重金屬의 量을 줄여야 하며, 나아가 다음의 여러 가지 方法에 의해 人위적인 조작을 해서 可能한 限 河川으로 流出되는 것을 극소화하여야 한다. 實際로 鐵은 WHO에서 1.0mg/l을 最大許容基準으로 하고 있으며 魚族에는 1.0ppm이 限界이다. 銅은 WHO基準은 1.5mg/l가 最大이나 魚族에 對해서는 0.01mg/l以下로 매우 엄한 基準으로 定해져 있다. 기타 수은, 크롬등은 0.01ppm~0.1ppm의 정도로 基準이 되어 있다. 그런데 溫山地區에

서는 특히 이러한 重金屬이 多量으로 流出되는 關係로 하여 附近의 河川과 海水의 水質汚染은 매우 심각한 問題로 대두될 것이다. 만약 오염이 극히 심해져서 魚族이 서식하기 不可能해 지거나, 重金屬을 多量 體內에 포함한 고기가 食生活에 이용된다면 그의 피해는 經濟發展과 는 다른 次元에서 커다란 社會問題가 될 가능성 조차 있는 것이다. 重金屬이온의 處理方法을 연관 産業과 아울러 검토하면 다음과 같다.

① 中和法 ② 硫化法 ③ 還元法 ④ 酸化法 ⑤ 共沈法 ⑥ Ion 交換法 ⑦ 活性炭法 ⑧ Ion浮上法 ⑨ 生物處理法

가. 中和法

非鐵金屬 製造工程으로 부터 排出되는 酸性排水는 主로 金屬表面處理時 사용되는 酸洗廢水이며, 酸洗는 金屬表面에 發生한 Scale(酸化鐵, 酸化銅 등)을 除去하기 위해서 硫酸, 塩酸, 弗化水素酸, 硝酸, 인산 및 有機酸을 使用함으로써 發生한다. 그리고 알카리性 廢水는 鍍金, 石油化學, 石油精製 및 廢油再生時 發生한다.

(1) Cr+重金屬의 경우

還元法+中和法: 6價의 Cr은 有害하므로 Cr을 3價로 還元하여 中和法에 依해서 水酸化物로서 除去한다.

(2) 第一鐵+重金屬의 경우

酸化法+中和法: Fe²⁺는 PH가 7程度 되지 않으면 沈澱되지 않으며 第二鐵 Fe³⁺은 PH 3~4에서 沈澱한다. 따라서 排水中的 Fe²⁺는 Fe³⁺으로 酸化한 후에 中和法에 依해서 沈澱 除去한다.

(3) 第二鐵+銅의 경우

中和法+硫化法: 第二鐵 Fe³⁺을 中和法에 依해서 PH를 3~4로 떨어 뜨린 후 鐵을 除去한 溶液을 硫化法을 採用하여 硫化銅을 沈澱시켜 回收한다.

(4) 水銀含有排水

中和法+活性炭法+Ion交換法：中和法 및 硫化法을 사용하여도 基準以下에 到達하지 않을 경우가 많으므로 活性炭 및 Ion交換樹脂로 吸着한다.

(5) 砒素含有排水

共沈法：砒素는 中和法으로서는 沈澱하지 않으므로 Fe^{+3} Ion을 加하여 이것을 中和沈澱시킬 때 同時に 沈澱 除去한다.

이와같이 中和法은 現在の 重金屬排水 處理에 있어서 主된 方法이 되며 기타의 方法은 補助手段이며 他方法에 比하여 經濟的이라 하겠다. 그러나 短點으로서는 中和沈澱物의 金屬水酸化物의 濾過脫水가 곤란하며, 沈澱物은 PH值가 變하면 반드시 再溶解하여 Ion으로 還元한다는 점이다. 따라서 溶液의 PH의 管理가 가장 重要한 事實이라고 하겠다.

重金屬 Ion을 中和處理하는 경우, 廢水中에 含有되고 있는 全 金屬 Ion을 水酸化物로서 沈澱시키는 方法을 一括中和法이라고 하고, 어느 限定된 PH範圍內의 金屬 Ion만을 沈澱시키는 方法을 分別中和法이라고 말한다, 即 沈澱된 水酸化物中 重金屬排水 Ion을 回收하여 製品으로 販賣코져 하는 경우에는 分別中和法을 採用하여야 한다. 廢水處理時 分別中和함으로써는 資源을 回收하고 따라서 排水處理費의 절감, 廢水處理 Sludge의 감소 等 二重의 利益을 올릴 수 있다고 하겠다.

나. 硫化法

硫化法이란, 中和法이 金屬을 水酸化物로서 沈澱 除去하는데 反하여 硫化物로서 沈澱시키는 方法을 말한다. 硫化源으로서는 硫化소-다 硫化石炭 및 硫化水素等이 使用된다. 現在 銅製鍊所에서 使用하고 있다. 硫化物의 沈澱은 水酸化에 比하여 沈澱效率이 좋고 脫水濾過도 쉽고 再溶解의 危險도 水酸化物보다 적으며 處理하기가 容易한 利點이 있으나 硫化水素는 有害 Gas이므로 그 取扱에 注意를 要한다.

다. 還元法

主方法은 Cr^{+6} 을 Cr^{+3} 로 還元시키는 것이며 還元劑로서는 硫酸第一鐵, 亞硫酸 Gas, 重亞硫酸소다, 亞硫酸소다, 次亞硫酸소다 및 鐵스크

레프 等이 使用된다.

還元反應은 廢水의 PH, 水温 및 還元劑의 濃度에 比例하여 進行된다, 還元法의 管理에는 酸化還元電位를 測定하여 調節한다. 그리고 電解還元法은 陰極에 依하여 發生하는 水素와 同時に 陽極으로부터 溶出되는 鐵 Ion에 依해서 還元하는 方法이다.

라. 酸化法

酸化法은 一般的으로 Fe^{+2} 를 Fe^{+3} 으로 酸化하는 경우 또는 CN의 分解時 使用한다. 酸化劑로서는 Fe^{+2} 의 경우 空氣中의 酸素 및 酸化窒素 等이 使用되며 CN의 경우 $CaClO_2$ 가 一般的으로 使用되며 이 경우 管理時 酸化還元電位가 使用된다.

마. 共沈法

共沈法은 中和法에 있어서 意識的으로 使用되는 경우가 있다. 意識的으로는 砒素를 除去하는 경우 Fe^{+3} 을 加하여 鐵의 水酸化와 같이 砒素를 沈澱시킨다. 또한 一括中和法의 경우 PH 8~9 정도에서 沈澱物을 만들어 銻鉛 및 Cd을 共沈하여 除去하는 경우를 말한다.

바. 生物處理法

重金屬排水가 生物學的 處理에 미치고 있는 영향을 先進國에서 研究調査했으며 이 研究對象으로서 包含되어 있는 重金屬은 Cr, 銅, 銻鉛 및 Ni等이며, 이 四種의 重金屬에 對해서 单独 및 混合한 경우의 影響을 實際處理場 및 實驗室에서 行한 結果, 微量의 重金屬이 포함되어 있는 경우에는 生物學的 處理(活性汚泥法 또는 嫌氣性消化法)에 依해서 可能하다고 한다. 그리고 Fe^{+2} 를 Fe^{+3} 로 酸化하기 위한 鐵菌(*Ferrobacillus Ferroxdans*)과 硝酸菌 硫黃菌 및 有機水銀을 無機化시키는 수드모나스菌 等이 生物處理法으로 利用可能하다.

사. Ion交換法 및 吸着法

이 方法은 상당히 高價이며 特殊한 處理를 要할 때만 使用된다. 즉 高價의 物質을 回收하는 경우 또는 有毒성이 높은 物質을 除去하는 경우에 使用된다. 즉 水銀含有排水는 中和處理한 후 排水를 活性炭層 Ion 交換樹脂層을 通過시켜 處理한다. 그리고 放射性元素處理에도 中和法, 蒸發法 및 Ion 交換法을 使用한다.

아 Ion 浮上法

이 方法은 界面活性物質이 氣液界面에 吸着되는 것을 利用하여 水溶液 Ion의 반대의 電荷를 가진 界面活性劑에 依해서 이온을 附着하여 氣泡과 같이 回收한다.

(3) 土壤汚染

大氣中에 放出되는 硫黃化合物은 비와 아울러 地面에 내려 앉아 토양을 酸性化하게 된다. 또한 大氣中에 放出된 重金屬 역시 地面에 정착하여 토양의 重金屬의 成分을 증가시킨다. 그러나 風向과 기상조건 등을 고려하여 公害産業을 한 곳에 集中시켜 擴散을 防止한다면 그 피해를 最小로 줄일 수 있을 것이다. 실제로 全國적으로 報告가 있는 만큼 汚染의 擴散을 防止함은 소홀히 취급할 수 없을 것이다.

더 나아가 工業地區는 단순한 生産基地 로서 만의 기능을 갖고 있는 것이 아니고 從業員과 그의 家族들이 모여 하나의 生活領域을 만들어 내는 역할도 하게 되므로, 自然히 生活環境에 처한 배려를 소홀히 할 수 없다. 住宅問題, 公共施設문제, 道路 등등의 社會間接資本의 이용면에서의 고찰도 必須의이나, 여기서는 植物相과 그 造景의 문제를 考察하고자 한다. 工業地區라는 地域的 特殊性 때문에 大氣와 水質이 나빠져도 그 生長이 可能한 樹種을 選定하여 적절한 조림으로 公害의 피해를 줄이는 方案을 강구하여야 한다.

3. 結 言

非鉄金屬製鍊에 있어서 汚染의 主因이 되는 것은 重金屬公害라고 생각된다. 우리는 앞에서 이의 防止策과 環境造成에 대해 몇가지 考察을 하였다. 그런데 한가지 다시 強調하고자 하는 바는 汚染問題를 解決하는데 있어서 가장 중요한 것은 우리의 마음자세라는 것이다. 技術的으로 중요한 것은 결코 기술이나 시설이 아니라는 것이다. 公害는 단순한 技術的 行爲의 산물이라기 보다는 좀더 광범위한 社會的 現象이기 때문이다. 당장의 目前의 필요에 의해 近視眼的으로 문제를 취급하려 한다면 결국 우리는 自然이

주는 에너지 공급의 혜택, 즉 食糧문제에서 커다란 난관에 봉착할 지도 모른다. 우리가 오염문제에 단호히 대처하지 않는다면 우리의 후손은 重金屬과 매연으로 덮인 땅을 물려 받게 될 지도 모른다.

이것을 막는 유일한 길은 광범위한 合理的 計劃을 세워 적절한 시기에 단호히 대처하는 수 밖에 없다. 비록 경제적으로 생산가격이 약간 상승하는 要因이 될지라도 이러한 희생을 甘耐한다는 마음가짐이 더욱 중요하리라 생각하며, 철저한 대책하에서 개발계획이 進行되어야 한다.

1. 銅製鍊과정에서 부산물로 生産되는 莫大한 量의 硫酸에 대한 종합적 處理대책이 수립되어야 한다. 硫酸을 많이 必要로 하는 産業을 系列化하여 합리적으로 소비하면 經濟的인 利益을 얻을과 동시에 公害防止의 效果를 동시에 얻을 수 있다.

2. 동시에 製鍊과정에서의 廢水는 상당한 量의 重金屬을 포함하고 있는데 이러한 重金屬의 回收를 위한 産業系列化도 아울러 이룩 되어야 한다.

3. 이와 같은 系列産業에 의한 廢水, 硫酸의 利用 및 回收과정에서 流出되는 汚染物質量의 測定을 河口에 集水檢査 施設을 갖추어 河川 및 海水汚染을 積極 防止 한다. 이와 아울러 汚染許容 基準을 合理的으로 策定하여 그 限度를 넘지 않도록 管理를 철저히 한다.

4. 大氣汚染問題도 적극 검토하여 종합적인 대책을 수립하여야 하며 이와 아울러 土壤汚染도 주의 깊게 방지되어야 한다.

5. 積極的인 汚染防止와 아울러 汚染의 擴散을 막아야 한다. 風向 및 河川유역의 농경지 등을 고려하여 피해를 최소한으로 줄여야 한다.