

週期的 操業에 있어서

最大의 經濟的 效果를 거두기

楊 東 秀

工場管理

序 言

排出, 清掃, 또는 觸媒의 再活性化 같은 것을 하기 위한 定期的 休業이 必要하며, 따라서 操業을 週期的으로 해야 되는 製造工程이 있다. 이런 種類의 操業은 製品을 完全한 斷續法(batch process)으로 生産하는 경우 또는 壓濾器(Filter press) 作業에서와 같이 時間이 經過함에 따라 生産率이 점점 줄어드는 경우에 利用하는 것이다. 참된 batch法, 例를 들면 페놀樹脂의 合成에 있어서는 原料를 反應容器에 投入하고서 加熱하여 反應시키고 있는 동안은 製品을 조금도 얻지 못하며, 反應이 끝난 다음 排出할 때에야 비로소 製品을 얻는다. 그러나 앞서 말한 둘째 경우, 즉 壓濾器 作業에 있어서는, 그것을 操作하고 있는 동안 製品 즉 걸른 液이 連續的으로 排出는 되나, 排出되는 率은 時間에 따라 점점 減少한다. 물론 濾器內에 케이크가 모여서 濾過效率이 점점 低下됨에 말미암는다.

이와 같이 생각해 볼 때, 우리가 化學工業에서 모든 工程을 흔히 batch法과 連續法(continuous process)의 두 가지로 區別함은 正確하지 않다는 事實을 알게 된다. 위에 말한 濾器法과 같이, 이 두가지의 中間의 性格을 가진 것을 半連續法이라 부르기로서는 恰當의 數가 事實에 있어서는 半連續法임을 알 수 있겠다. 工程을 設計하는 化學技術者로서는, 願하는 單位工程을 이 셋 중의 어느 方法에 따르도록 할지 좋은지에 관한 選擇問題에 부딪치게 된다. batch法을 無條件 度外視해서는 안되고 때로는 그것이 連續法보다도 有利하다는 事實은 많은 經驗있는 設計者들이 強調하는 바이다.

週期的 操業을 하도록 決定하였을 때에는 한 週期的 時間을 基準으로 삼아 年間總費用과 年間生産率 같은 全般的 因數를 끌어내어, 最適條件을 設計에 반영시켜야 한다. 그러나 設計의 問題를 여기서 자세히 다룰 수

는 없다. 編輯陣의 要求가 “工場管理”에 관한 것이므로, 여기서는 操業하는 立場에서 한두가지 問題點을 고려해 보고자 한다. 즉, 누가 해놓았는지 이미 設計되고 建設된 化學工場에 있어서, 半連續法에 屬하는 週期的 操業을 가장 效率的으로 實行하는 問題를 研究해 보기로 한다.

週期的 操業에서의 整備作業(Overhaul)

앞서 말한 바와 같이 繼續하여 使用하면 效率이 점점 떨어지는 機械裝置가 많다. 그리고 機械裝置의 運轉을 멈추고 整備作業을 하면, 대개 그 效率은 처음의 狀態까지 回復시킬 수가 있다. 運轉함에 따라 무거운 不純物(主로 실리콘과 鐵의 化合物)이 爐壁과 그밖의 部分에 생겨서 電流效率이 점점 떨어지는 카아바이드 製造用 電氣爐에서는 그러한 不純物을 除去함으로써 效率이 回復된다. 固定된 觸媒를 가진 反應器에서는, 觸媒를 다시 活性化하거나 새 것으로 代置함으로써 效率이 回復된다. 蒸發罐이라든가 熱交換器의 경우에는, 内部에 생긴 스케일을 除去하면 效率은 처음의 狀態로 돌아간다. 이와 비슷한 例는 이밖에 얼마든지 있다.

그러므로 化學工場에서는, 이러한 整備作業을 위하여 豫定된 休業(scheduled shutdown)을 미리 세워 놓는다. 가장 適切한 時期로서는 製品의 需要가 比較的 적은 季節이라든가 많은 從業員들이 有給休業을 願하는 季節을 利用함이 좋다. 整備作業이라 함은, 모든 機械裝置를 자세히 點檢하고 清掃하여서, 다음번 休業 때까지는 조금도 支障없이 最大의 效率로 運轉할 수 있도록 만드는 일을 가리킨다.

가장 經濟的인 操業條件, 즉 하나의 整備作業과 그 다음번 整備作業 사이의 最適 操業期間은 經濟的 收支(economic balance)을 따져 봄으로써 比較的 쉽게 決定할 수 있다. 生産單位의 效率은 어떤 比率로 점점 減少하여, 日當 利益金도 따라서 그만큼씩 減少한다고 假

定하자. 整備作業을 하는 동안에는 물론 收入이 없다. 그리고 整備作業을 하는 동안에는 變動費도 零이라고 假定할 수 있다. 다만 整備作業을 하는 데는 勞動力과 物資의 費用은 餘分으로 必要하다.

오랫동안 操業한 工場이라면, 過去의 記錄과 經驗을 통하여 日當 利益金에 관한 資料는 마련되어 있을 것이다. 日當 純利益金은 時日이 經過하여 生産效率이 떨어질 것을 따라 減少할 터인데, 이 關係는 그림 1이 잘 가리키고 있다. 그러므로 操業하는 동안의 平均純利益 R 도 整備作業과 그 다음 整備作業 사이의 操業期間이 길어질 것을 따라 減少할 것이다. 이제 다음과 같은 記錄을 써서 最適條件을 決定하여 보자.

R =操業하는 동안의 平均純利益(원/日)

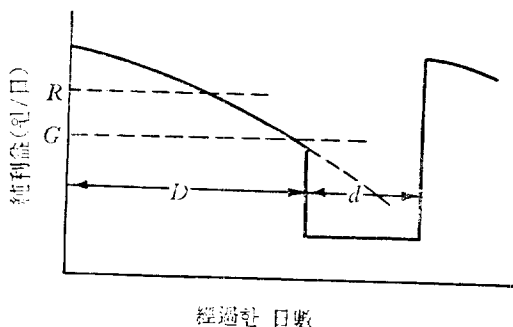
D =하나의 整備作業과 다음번 整備作業 사이의 操業日數

d =整備作業에 必要하다고 豫測되는 日數

A =整備作業에 必要하다고 豫測되는 資金(원/日)

S =整備作業에 必要하다고 豫測되는 物資의 費用(원)

G =한 期間 동안의 平均純利益(원/日)



(그림 1)

한 期間 동안의 純利益은 總收益(DR)으로부터 整備作業의 費用($S+dA$)을 빼낸 것이다. 그 期間 동안의 平均純利益은 이 값을 期間 全體의 길이($D+d$)로 나눈 것이다.

$$G = \frac{DR - (S + dA)}{D + d} \quad (1)$$

整備作業에 必要한 時間(日數) d 는 대체로 一定하며, 過去의 經驗 등을 통하여 꽤 正確하게 推算할 수 있다. 그러므로 여러가지 D 의 값을 方程式 (1)에 代入하여, 그때 마다 G 를 計算할 수 있다. 이런 方程式으로써 G 를 最大로 만들어주는 D 의 값, 즉 最適의 操業期間을 決定한다.

方程式 (1)이 가리키는 解答은 물론 아주 理想的인 경우에 대한 것이다. 實際에 있어서는 이보다 좀더 복잡하며, 이에 관하여는 Bertetti가 提案한 解答法이 있다²⁾. 그가 고려에 넣은 要因은 操業期間이 길어질수록

목 整備作業의 費用이 커진다는 可能性이다. 實際의 工場操業에 있어서는, 어떤 機械裝置의 效率이 점점 떨어져서 그 以上 運轉이 不可能해진 다음에야 비로소 清掃作業을 하는 傾向이 많다. 다시 말하면, 그 特定한 工業에서 얻은 經驗과 막대한 金錢으로서 決定을 짓는 것이다. 그렇게 해서는 最大의 經濟的 效果를 얻을 수 없으므로, 할 수 있는대로는 여기 提示된 方法을 應用해야 한다. 이제 몇가지 實例에 관하여 方程式 (1)을 適用하여 보자.

實 例

1. 카아바이드製造用 電氣爐=日產 20 톤의 生産能力을 가진 어떤 카아바이드爐에 있어서, 電力費를 除外한 平均操業費는 日當 ₩ 200,000이며, 製品은 톤當 ₩ 20,500에 販賣한다. 電力料金は 平均 ₩ 2.00/KWH이며, 操業하는 동안 爐의 效率은 아래와 같이 점점 減少한다. 爐의 運轉을 中止하고 爐가 식은 다음 바닥과 爐壁 등에 도인 不純物(主로 실리콘 및 鐵의 化合物로 되어 있음)을 깨끗히 除去하면, 效率을 回復시킬 수 있다. 이 整備作業에는 5일이 걸리며, 이에 必要한 資金은 日當 ₩ 18,000이다. 그리고 整備作業에 드는 物資代는 한번에 ₩ 30,000이다.

操業日數	電力消費量(KWH/톤 카아바이드)
15	3,700
30	3,720
45	3,760
60	3,820
75	3,900
90	4,000

하루에 20 톤씩을 製造한다고 假定하여, 한 整備作業과 다음번 整備作業 사이의 最適 操業日數를 決定하여 보자.

풀이: 操業日數 15일인 경우의 平均純利益은

$$R = 20 \times 20,500 - 200,000 - 20 \times 3,700 \times 2.00 = 62,000 \text{ (원/日)}$$

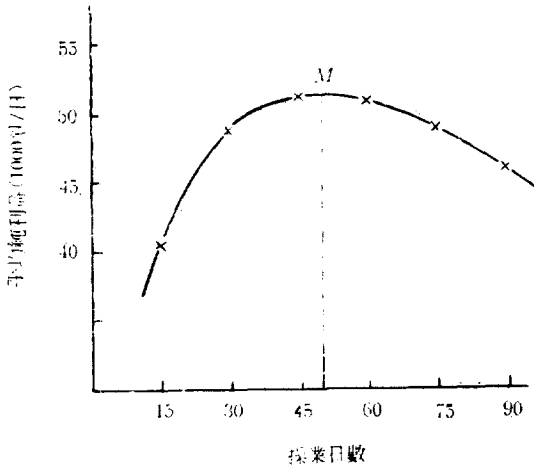
方程式 (1)에서

$$G = \frac{15 \times 62,000 - (30,000 + 5 \times 18,000)}{15 + 5} = 40,500 \text{ (원/日)}$$

이처럼 計算한 結果를 綜合하면 다음과 같다.

操業日數	電力消費量(KWH/톤)	期間동안의 平均純利益(원/日)
15	3,700	40,500
30	3,720	49,029
45	3,760	51,240
60	3,820	50,954
75	3,900	49,133
90	4,000	46,105

最適의 操業日數가 45日과 60日 사이에 있음은 곧 알 수 있다. 그림 2와 같은 그래프를 그려 보면, 그 값으로서 約 50 日을 얻는다.



(그림 2)

2. 固定觸媒層을 가진 重合가솔린工場 : 生産能力이 投入原料로서 日當 1,600 바렐이며, 固定觸媒層을 가진 重合가솔린工場이 있다. 投入原料는 42%의 올레핀을 포함하며, 올레핀 1 바렐이 反應하면 1.14 바렐의 重合가솔린製品을 만든다. 새 觸媒로서는 올레핀이 99.5% 反應하나, 時間이 經過함을 따라 그 期間 동안의 平均收率은 다음과 같이 점점 減少한다.

操業日數	收率(%)
25	98
50	97
75	95
100	93
125	90
150	87

重合가솔린製品의 價格은 바렐當 ₩ 500 이며, 投入原料代까지 포함하여 平均操業費는 日當 ₩ 18,000 이다. 代置하는 觸媒 및 그밖의 物資代는 整備作業 한번에 ₩ 520,000 이다. 整備作業에는 3日이 걸리며, 이에 必要한 資金은 日當 ₩ 45,000 이다.

한 整備作業과 다음번 整備作業 사이의 最適 操業日數를 決定하여라.

풀이 : 操業日數 25 日인 경우의 平均純利益은

$$R = 1,600 \times 0.42 \times 1.14 \times 500 \times 0.98 - 18,000 \\ = 383,040 \times 0.98 - 18,000 = 357,380 (\text{원/日})$$

方程式 (1)에서

$$G = \frac{25 \times 357,380 - (520,000 + 3 \times 45,000)}{25 + 3} \\ = 295,600 (\text{원/日})$$

다른 操業日數들에 대하여도 이러한 計算을 되풀이하여, 얻은 結果를 綜合하면 다음과 같다.

操業日數	收 率(%)	平均純利益(원/日)
25	98	295,600
50	97	321,200
75	95	324,200
100	93	322,000
125	90	314,000
150	87	304,800

最適의 操業日數가 75 日과 100 日 사이에 있음은 分明하다. 實例 1 에서와 같은 그래프를 그려 보면, 그 값으로서 約 80 日을 얻는다.

參 考 文 獻

- 1) J.R. Donova, Batch vs. Continuous. Don't Write Off the Batch Process, *Chem. Eng.*, **64**(11): 241 (1957).
- 2) J. W. Bertetti, "Petroleum Refiner." **34**, No.3, 134-7(1955).