

# 生産準備時間 短縮과 生産로트사이즈에 대한 研究

## A Study on the Effect of Setup Time Reduction on Production Lot Sizes

丘 一 燮\*  
金 辰 洙\*

### Abstract

Setup Time Reduction is an important aspect of the Just-in-Time(JIT) and Zero Inventory(ZI) Concepts since it supports reductions in manufacturing lead times and inventories. It also enables small lot sizes and kanban systems implementation for material flow - achieving major improvements in production floor management. One concept fundamental to the pursuit of JIT production in Japan and other countries is adoption of a setup time reduction. This paper looks at the necessities of setup time reduction and the relations to machine utilization. By using an EOQ model for evaluate the effect of setup time reduction, we get the results that over 75 % reduction in setup time is obtain the desired results in the lot size reduction.

### I.序論

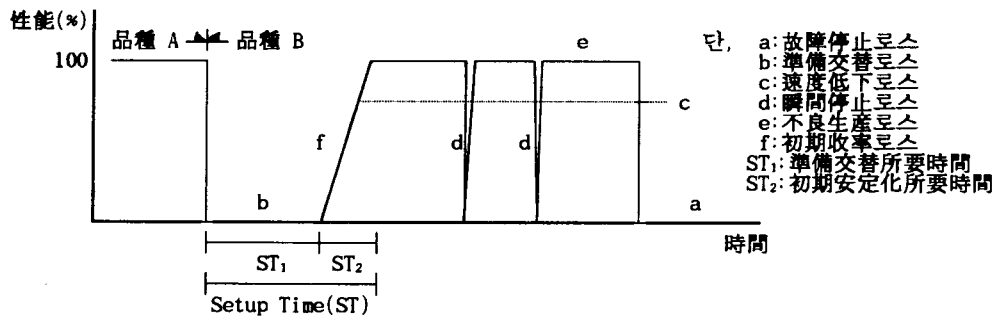
日本企業에서 無在庫 生産을 추구하고 또한 이의 實現이 可能했던 배경에는 기계設備의 生産準備時間의 絶對적인 短縮이 저변에 깔려있다. 과거 EOQ方式에서는 生産準備費用은 고정된 것으로 간주하고 生産에 소요되는 總費用의 最少化를 기하기 위한 적정 로트사이즈를 決定하였으나 日本의 경우 生産準備時間을 改善에 의해 더욱 짧아질 수 있는 可變性을 지닌 것으로 把握, 接近하면서 근래에 들어서는 10분미만의 SMED (Single Minute Exchange of Die) 내지 100초이내에 행해지는 One Touch Setup이라는 結果까지 낳고 있다.[2][6] 이와같은 結果는 生産準備過程의 철저한 分析을 토대로 浪費의 除去와 價値있는 作業化를 위한 積極的인 創意力의 투여에 의한 結果로써 時間短縮을 위해 막대한 資本의 투여 없이 이룩해 낸 것이기에 더욱 意味있는 것으로 評價되고 있다. IE分野에서 革新的인 生産性 向上技法으로 評價받고 있는 生産準備時間의 短縮技法은 日本의 신고 시게오(新郷重夫)가 1950年代에 開發한 이후 Sugimori(1977), Hall(1981,1983), Monden(1981), Schonberger (1982) 등이 그 重要性을 재차 強調하였으며, 最近에 들어서서는 Esrock(1985) 및 Hernandez(1989), Vollman, Berry & Whyback(1992)등에 의해 그 研究가 더욱 활발히 進行되어지고 있다. 시시각각으로 變化하는 市場與件과 消費者의 嗜好多變化 및 供給過剩으로 인한 消費者中心의 기업간 競爭加速化 深化에 따라 多品種少量生産이 보편화되어져 가는 우리의 現實을 인식할 때 顧客의 JIT的要求에 최고의 迅速한 對應을 기함으로써 質經營,顧客滿足 經營의 實現이 가능해질 것이다. 本 研究는 生産準備時間 短縮의 重要性을 設備生産性과의 關係를 통해 살펴보고 生産準備時間의 短縮에 따른 로트사이즈 變化程度를 把握코져 하는데 있다.

### II.生産準備時間短縮과 設備生産性

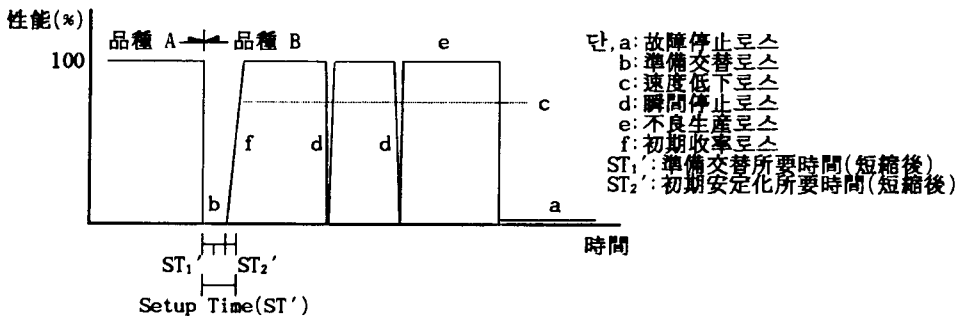
設備生産性은 통상적으로 設備綜合效率에 의해 說明되어진다. 時間稼働率과 性能稼働率, 良品率의 곱으로 算出되어지는 設備綜合效率은 85 % 이상이 推薦되어지고 있다.[3] 이러한 結果를 導出하기 위해

\* 安東專門大學 工業經營科 專任講師

서는 時間稼働率은 90 % 이상, 性能稼働率은 95 % 이상 維持되어야 하며 良品率 또한 99 % 이상의 결과를 보여야만 한다. 時間稼働率이란, 負荷時間 대비 稼働時間의 比率로써, 設備故障(故障停止로스)과 生産準備 및 調整(準備交替로스)에 따른 時間의 損失을 설명할 수 있는 指標가 되며, 性能稼働率은 稼働時間 대비 實質稼働時間의 比率로써 空運轉, 瞬間停止(瞬間停止로스) 및 速度低下(速度低下로스)에 따른 機械設備의 性能發揮을 저해하고 있는 程度를 意味한다. 또한 良品率은 機械設備의 條件不備와 整備不良 등에 따른 生産工程不良(不良生産로스) 및 作業開始와 交代, 金型 및 治工具의 交換 등에 따른 初物の 浪費(初期收率로스)을 고려한 것으로 實質稼働時間 대비 良品生産稼働時間의 比率로 設定된다. 韓國生産性本部의 '89年度 國內製造業의 工程管理 實態調査에 따르면, 要求製品의 多樣化에 따른 金型交替 및 基準의 變更 등에 소요한 生産準備時間이 設備의 非稼働 要因中에서 차지하고 있는 比率이 電氣電子業種의 경우 28.8 %, 非金屬礦物業種 25.0 % 등으로 平均 15.1 %로서 設備故障 修理 및 資材品切, 工程의 不均衡 등의 要因 다음으로 큰 比重을 차지하고 있다.[4] 또한 設備管理實態를 調査한 '90년의 경우 準備交替後 調整 등을 통한 試驗生産回數가 平均 5.1회, 試驗生産後 良品生産까지의 平均所要時間은 25.0 時間이었다.(表 1)[5] 이러한 損失은 高精密度를 要求하는 製品에 따른 調整의 必要性 (38.4 %)과 基準面(點)의 不明確 및 標準化 未備(29.1 %), 生産準備方法이나 順序의 標準不在(10.5 %) 등에 따른 것이었다. 이러한 問題는 (그림 1)과 (그림 2)에서 보듯이 準備交替 所要時間 및 初期安定化 所要時間의 長期化로 이어지며 이는 設備의 有效活用 可能性 즉, 時間稼働率과 直接的으로 關聯된다. 완벽한 品質의 確保와 함께 生産準備時間의 絶對的 減縮(ST의 ST'化)에 의해 需要者의 要求를 卽刻的으로 受容할 수 있는 態勢를 갖춘 도요다자동차의 世界的 進出은 상당히 示唆하는 바가 크다. 市場與件에의 彈力的 對應力 保有 基盤으로써 작용하는 生産準備時間의 短縮은 좀더 積極的으로 金型 位置決定 方法의 改善와 準備過程에 所要되는 物品供給方式의 改善, 볼트의 標準化, 微細調整 必要性의 除去, Color Marking의 活用 등을 講究함으로써 企業의 競爭力은 提高될 수 있다.[8] (表 2)는 日本에 있는 美國 벤딕스회사 系列의 기기자동차(Jidosha Kiki Corp.)의 도요다自動車에 納品하고 있는 브레이크部品 工場에서 1977年 母社의 도움 하에 JIT시스템을 導入하여 生産準備時間의 短縮을 實踐에 옮긴 結果를 보여주고 있다.[1]



(그림 1) 設備生産성의 沮害要素 - 設備 6대로스



(그림 2) 生産準備時間의 短縮의 意味

(表 1) 準備交替後 調整의 程度

|         | 전체 평균 | 장치 생산 | 기계 가공 | 조립 생산 | 혼합 생산 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 횟수 (회)  | 5.1   | 2.8   | 7.2   | 6.0   | 3.7   |
| 시간 (Hr) | 25.0  | 30.9  | 29.3  | 5.7   | 29.6  |

(表 2) 기키自動車(株)의 生産準備時間 短縮 結果

| 생산준비시간    | 1976년 | 1977년 | 1980년 |
|-----------|-------|-------|-------|
| 60분 이상    | 30 %  | -     | -     |
| 30분 - 60분 | 19 %  | -     | -     |
| 20분 - 30분 | 26 %  | 10 %  | 3 %   |
| 10분 - 20분 | 20 %  | 12 %  | 7 %   |
| 5분 - 10분  | 5 %   | 20 %  | 12 %  |
| 100초 - 5분 | -     | 17 %  | 16 %  |
| 100초 이하   | -     | 41 %  | 62 %  |

### III.理論的 考察

生産準備時間의 除去 내지 絶對的 水準으로까지의 短縮은 經濟的 生産로트사이즈의 概念을 최소로트 (窮極的으로는 1個)에 의한 生産으로 바꿀 수 있게 한다. 이를 數學的으로 살펴보면, EOQ모델에서 生産에 所要되는 總費用(TC)은 固定費(FC)와 變動費(VC)의 合으로 求解하는데 生産準備費用은 固定費로써 生産數量(Q)과는 무관하다. 그러나 材料費 및 勞務費는 變動費로 取扱되어진다.

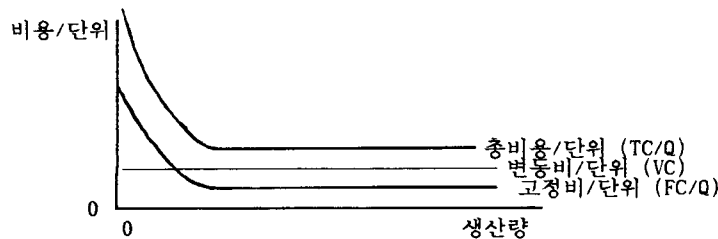
$$TC = FC + (VC \times Q)$$

따라서 生産되어지는 製品의 單位當 費用(TC/Q)은  $[FC/Q + VC]$ 가 된다.[그림 3] 만일 生産準備時間을 제로화 내지 最少化함으로써 生産準備費用을 제로화 내지 極小化할 수 있다면  $TC/Q = VC$  가 될 수 있다.[그림 4] 결국 과거 經濟的 生産의 實現을 위해 大로트生産을 행했던 경우의 效果를 生産準備時間의 短縮에 의한 小로트生産에 의해서도 충분히 얻을 수 있게 됨을 알 수 있다.

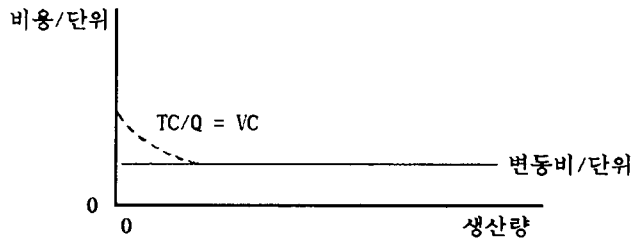
生産準備時間의 短縮을 통해 얻을 수 있는 1次의 效果는 生産準備費用 (Cost/Setup:SC)의 節減이다. 生産準備費用은 生産準備時間(Time/Setup:ST)과 時間當 賃率(Setup Wage Rate/Hour:SW)에 의해 決定되는 것으로, 모든 生産準備時間의 短縮은 直接的으로 生産準備費用의 節減으로 이어진다.

$$SC = ST \times SW$$

費用의 節減과 함께 生産로트의 크기 變化를 살펴보면 一般的으로 經濟的 生産量 算出公式에 의거할 때 生産準備時間의 K % 短縮은 그 量을  $100(1 - \sqrt{1 - 0.01K})\%$  만큼 줄어든다. 즉, 短縮된 生産準備時間은  $(1 - 0.01K)ST$  만큼 소요되므로 이때의 經濟的 生産量(EOQ')은 다음과 같이 算出되어진다.



(그림 3) 生産量 對比 單位當 費用과 總費用의 關係



(그림 4) 生産準備時間의 短縮에 의한 單位當費用

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 A S}{i C}} = \sqrt{\frac{2 A (ST \times SW)}{i C}} \quad \begin{array}{l} \text{단, } A: \text{年間生産必要量} \\ i: \text{單位當在庫維持費率/年} \\ C: \text{製品單價} \end{array}$$

$$EOQ' = \sqrt{\frac{2 A S'}{i C}} = \sqrt{\frac{2 A \{ ST(1-0.01K) \times SW \}}{i C}}$$

$$= EOQ \{ \sqrt{1 - 0.01 K} \}$$

$$\therefore EOQ - EOQ' = EOQ - EOQ \{ \sqrt{1 - 0.01 K} \}$$

$$= EOQ \{ 1 - \sqrt{1 - 0.01 K} \}$$

예를들면, 로트사이즈가 1000개이고 生産準備時間이 1時間 소요되는 作業에 대해 生産準備時間을 75% 短縮시킨다면 經濟的生産量은  $100(1 - \sqrt{1 - 0.75})$  % 즉, 50%로 준 500개가 된다. 이러한 結果는 동일한 生産量을 얻기 위해서는 現在보다도 더 짧은 生産準備가 要求되는데 이에 따른 年間總生産準備費用(Total Annual Setup Cost:TASC)의 減縮정도 역시 다음과 같이 說明되어질 수 있다.

$$TASC = \frac{A}{EOQ} (ST \times SW) = \sqrt{\frac{A i C (ST \times SW)}{2}}$$

$$TASC' = \frac{A}{EOQ} \{ ST(1 - 0.01K) \times SW \}$$

$$= \sqrt{\frac{A i C \{ ST(1 - 0.01K) \times SW \}}{2}}$$

$$= TASC \{ \sqrt{1 - 0.01 K} \}$$

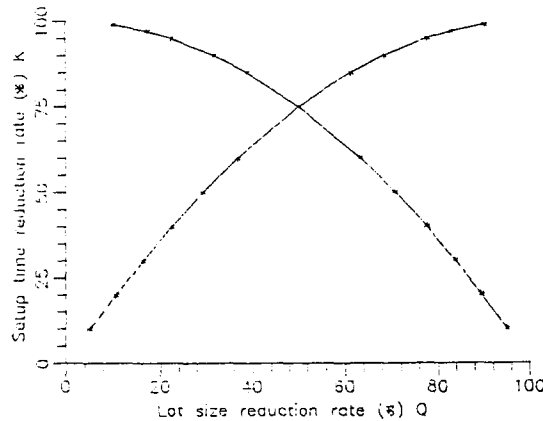
$$\therefore TASC - TASC' = TASC - TASC \{ \sqrt{1 - 0.01 K} \}$$

$$= TASC \{ 1 - \sqrt{1 - 0.01 K} \}$$

결국 生産準備時間의 短縮은 비록 더 많은 準備回數를 要求되더라도 全體的인 費用의 減少를 誘導할 수 있는 것임을 알 수 있는데, 그 程度는  $100(1 - \sqrt{1 - 0.01 K})$  % 로써 로트사이즈 減縮에 미치는 影響과 同一하다. 그러나 生産準備時間의 短縮은 적어도 現行보다 75% 이상 實現되어질 수 있을 때 그 效果로써 現격한 로트사이즈의 減縮으로 이어질 수 있음을 (표 3)과 (그림 5)를 통해서 알 수 있다.

(表 3) 生産準備時間의 短縮에 따른 로트사이즈의 減縮程度

| 生産準備時間<br>短縮程度 (K) | Lot Size에의 影響<br>[100(1-√1-0.01K)] % | Lot Size의 變化(例)<br>(EOQ) |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 현재                 | -                                    | 1,000 개                  |
| 10 %               | 5.1 %                                | 949 개                    |
| 20                 | 10.6                                 | 894                      |
| 30                 | 16.3                                 | 837                      |
| 40                 | 22.5                                 | 775                      |
| 50                 | 29.3                                 | 707                      |
| 60                 | 36.8                                 | 632                      |
| 75                 | 50.0                                 | 500                      |
| 85                 | 61.2                                 | 388                      |
| 90                 | 68.4                                 | 316                      |
| 95                 | 77.6                                 | 224                      |
| 97                 | 82.7                                 | 173                      |
| 99                 | 90.0                                 | 100                      |



(그림 5) 生産準備時間의 短縮率과 로트사이즈의 變化推移

#### IV. 結論

多様な 顧客의 要求에 시기적절하게 對應하면서 企業의 競爭力을 強化할 수 있는 方案의 一環으로써 小로트에 의한 흐름生産의 實現은 대단히 중요한 意味를 지닌다. 그 背景에 존재하는 生産準備時間의 短縮은 보다 짧은 生産期間의 短縮에 의해 顧客對應力을 強化하고 生産製品의 變更 및 日程計劃의 수정 시의 對應能力 強化, 設備稼働率의 向上, 소로트생산에 의한 在工在庫의 最少化 등과 같은 直接的인 效果를 期待할 수 있는데, 특히 小로트화를 위한 生産準備時間의 短縮은 現在 所要時間 對比 75 % 이상 實現되어질 때 보다 肯定的인 結果를 얻을 수 있다. 따라서 生産準備時間은 75 % 이상의 短縮을 目標로 體系의 이고 持續的인 活動의 展開가 무엇보다도 요구되는데, 機械 稼働중에 다음 제품의 生産을 위한 準備를 행한다면 특별한 資本의 投資없이도 30 - 50 % 정도의 準備時間短縮이 可能[10]하므로 그 方法論에 대한 積極的인 研究가 따라야 할 것이다. 生産準備時間短縮의 궁극적인 目標은 제로화 내지 最少化로써 日本의 경우 30초이하의 絶對的 水準으로까지 短縮시킨 One Touch Setup의 事例의 背景에 이러한 研究가 끊임없이 따랐다는 事實은 우리에게 많은 점을 示唆하고 있다. 體系的인 接近과 改善節次의 올바른 熟知 및 實踐이 무엇보다도 重要하다고 思料된다.

## 參 考 文 獻

- 1.金 泰文, 저스트 인 타임의 實際, 韓國工業標準協會,1990
- 2.신고시게오, 도요다생산방식의 IE적 고찰, 韓國生産性本部,1992
- 3.現場管理者의 TPM, 韓國生産性本部, 1985
- 4.'89 國內製造業의 工程管理實態調查報告書, 1989.12, 韓國生産性本部
- 5.'90 國內製造業의 設備管理實態調查報告書, 1990.12, 韓國生産性本部
- 6.門田安弘,新トヨタシステム,講談社,1991
- 7.Anne M.Spence and Evan L.Porteus, Setup Reduction and Increased Effective Capacity, Management Science, Vol 33,No.10,1987, pp.1291 - 1301
- 8.Arnaldo Hernandez,*Just -In-Time Manufacturing : A Practical Approach*, Prentice Hall,1989
- 9.J.T.Black, Cellular Manufacturing Systems Reduce Setup Time,Make Small Lot Production Economical, IE, Nov.1983, pp.36 - 48
- 10.Robert G.Ames, Just-in-Time Applications, Production and Inventory Control Handbook - APICS, 2nd Ed., McGraw Hill, 1987
- 11.Thomas E.Vollmann,William L.Berry,D.Clay Whybark, *Manufacturing Planning and Control Systems*, 3rd Ed.,Irwin,1992.
- 12.Yale P.Esrock, The Impact of Reduced Setup Time, Production and Inventory Management, 4th Quarter,1985, pp.94 - 101