

JIT시스템 適用에 의한 生産性向上 效果의 시뮬레이션 分析

A Simulation Analysis of Productivity Increase Effect of JIT System Application

申 鉉 杓*
Hyeon Pio, Shin
丘 一 燮**
Il Seob, Koo

ABSTRACT

The objective of this study is to develop an effectiveness measurement technique for U-shaped JIT production line by computer simulation. A small and medium sized automobile brake master cylinder manufacturing plant is studied for productivity improvement. The production line is analysed and improved by applying Low Cost Automation, special jigs and fixtures, and facilities layout changes. An experimental simulation model is built using SIMAN(SIMulation ANalysis) simulation software for the production system analysis.

1. 序論

급속한 技術革新에 따른 商品壽命의 短命화와 다양한 顧客欲求의 變化에 對處하기 위하여 보다 彈力的인 生産活動을 展開해 나가야 하는 것은 오늘날의 企業이 직면한 絶對的 課題라고 할 수 있다. 각종 浪費의 徹저한 除去와 人間尊重을 위한 確固하고도 끊임없는 改革을 追求하는 JIT (Just-in-Time)의 哲學¹⁾은 대단위의 資本投資를 必要로 하지 않으면서도 企業이 처해 있는 독특한 經營環境과 內部與件에 적합하도록 그 範圍와 遂行節次를 設定함으로써 企業經營環境의 變化에 能動的으로 對處해 나갈 수 있는 與件을 造成하는 탁월한 能力을 發揮하고 있다. 이러한 JIT의 哲學을 바탕으로 한 JIT시스템의 效率的 運營은 與件變化에의 彈力的인 對應이 가능한 生産活動을 追求해야만 하는 오늘날의 國內企業들에 상당히 肯定的인 意味를 附與해 줄 수 있다.

특히, 作業者에 의한 實踐的인 工程管理和 工程內 品質管理의 效率性を 提高하기 위해서 積極 推薦되어지고 있는 U字型的 Layout³⁾은 同期化라인의 實現에 의해 1개 흐름生産이 가능하게 하고 生産리드 타임의 短縮으로 이어진다는 側面에서 상당한 重要性을 갖는다. 이러한 U字라인의 構成이 一般的인 直線라인에 비하여 지나는 長點으로는 ①作業者가 相互近接해 있으므로 라인내 諸般問題의 발생시 신속한 解決이 가능한 커뮤니케이션의 增進과 遂行業務의 透明性(Visibility)이 保障되며, ②사이클 타임의 變化 내지 必要生産率에 即應할 수 있는 多能工 作業者의 育成이 容易하며, ③라인내 投入作業者 數의 彈力的인 調整을 통해 市場(또는 後續工程)에서의 需要率에 맞춘 라인 再調整(Rebalancing the Line)이 容易하다는 점들을 들 수 있다.⁶⁾ 이때 라인 形態는 全體生産의 物流흐름과 勤勞者間의 相互關係 및 利用 가능한 空間등을 綜合적으로 考慮하여 決定되는데 圓이나 V자, C자 形態등을 취해도 그 本質的인 意味는 변하지 않는다.²⁾⁷⁾

* 仁荷大學校 産業工學科 教授

** 安東專門大學 工業經營科 專任講師

本 研究에서는 小集團에 의한 改善活動을 基盤으로 JIT生産과 자동화(Automation)라는 양대 支柱에 의해 浪費의 철저한 排除를 모색하는 JIT시스템의 諸 概念中에서 흐름生産과 少人化의 實現을 위해 準備되어야 할 U字型的 Layout과 多能工에 의한 多工程擔當의 推進이라는 下位시스템의 效率의인 展開를 目的으로, K사의 BMC(Brake Master Cylinder)라인을 對象으로 한 改善活動을 다루고 있다. 本 稿에서는 卽刻的인 改善의 實施에 앞서 時間的, 經濟的 損失의 防止를 目的으로 SIMAN (SIMulation ANalysis)을 利用한 模擬實驗을 통해 事前에 改善結果의 有用性 여부를 確認해 보 고져 한다. SIMAN에 의한 模擬實驗에서 活用될 수 있는 分析尺度로는 生産率과 製造리드타임, 設備의 活用度 그리고 在工品の 工程間 待機時間 및 數量 등이 있는데, 本 研究에서는 生産量과 平均生産時間, 各 設備의 活用度 및 待機程度를 中心으로 살펴보고 있다.

2. 對象시스템의 分析

事例研究 業體인 K사는 自動車用 部品 專門製造業體로써 프로펠러 샤프트,속크 압소바 및 브레이크 마스타 실린더(BMC)등을 主要 生産品으로 多品種의 反復注文 生産體制를 취하고 있으며 素材의 加工과 組立이 同一 工場內에서 행해지고 있다. 本 研究에서는 改善對象으로 BMC加工라인을 選定하고 있으며 이 라인은 現在 總 14個 工程에 17臺의 機械設備를 U字 라인화하여 多技能을 保有하고 있는 3名의 作業者에 의해 運營되고 있다.

2.1 生産工程 및 工程別 作業內容

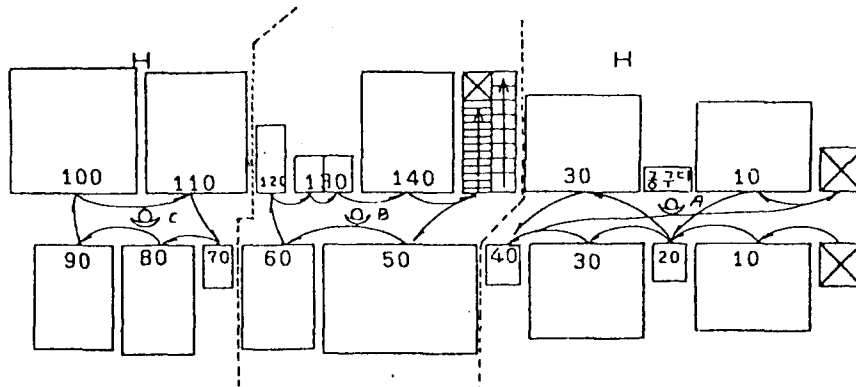
주물素材의 投入이후 加工의 종료와 함께 組立을 위한 基本準備를 마치기까지의 BMC加工라인 工程 흐름 및 作業內容을 살펴보면 (표 1)과 같다. 이 工程들 중에서 加工時間이 길어 隘路工程으로 作用하고 있는 內徑加工工程과 취부면삭 工程은 生産能力의 確保를 目的으로 각각 2대의 동일 設備를 投入, 運營하고 있다. 現행 生産라인은 1日 2交代 (實動時間 = 9.416時間) 근무를 행하고 있으며, 1일 生産必要數量은 500個/交代이나 現在 生産量은 400個/交代로 상당히 저조한 水準을 보이고 있다. (그림 1)은 라인내 設備配置現況 및 作業者別 擔當領域을 나타내주고 있다.

2.2 工程改善 方向의 檢討

現행 生産시스템하에서 作業者들의 擔當工程別 標準時間을 기준으로 標準作業組合票를 작성해본 結果 作業者 B의 Neck-Time이 61초를 보이고 있으며, 이 時間을 기준으로 勞動生産性을 分析해 보면 72% 水準에 머무르고 있음을 알 수 있다. 勞動生産性이 저조한 原因의 分析과 그 解決策을 모색하고, 效率의인 라인活用方案의 講究를 目的으로 R-f (Result - factor)分析을 실시한 結果를 生産로스分析次元에서 綜合的으로 整理해보면 (표 2)와 같다. 이러한 結果를 토대로 工程別 改善포인트를 抽出하고 그 解決可能性을 技術的으로 檢討함과 동시에 簡易自動化(LCA:Low Cost Automation)의 積極的인 導入, 簡易 Jig 및 Fixture의 採用, 工程進行順序의 交替(#110 工程) 내지 統廢合(#130 工程), 工程의 省略(#70 工程) 등을 積極 採用함으로써 期待할 수 있는 改善이후의 豫想 加工所要時間의 推移變化는 (표 3)과 같다.

(표 1) 工程構成 및 工程別 作業內容

工程番號	工 程 名	工程記號	工程番號	工 程 名	工程記號
	소재준비	▽	# 80	유실부드릴 및 Tap	○
# 10	내경삭	○	# 90	브리더부 가공	○
# 20	센터가공	○	#100	토출부(Fr) 가공	○
# 30	취부면삭	○	#110	토출부(Rr) 가공	○
# 40	취부 2 Hole 가공	○	#120	세척	○
# 50	유실부 가공	○	#130	φ 0.5 가공	○
# 60	경사부드릴및 S/Bolt부좌삭	○	#140	Honing	○
# 70	Set Bolt부 드릴	○		완성품 적재	▽



(그림 1) BMC加工라인의 配置圖(改善前)

(표 2) R-f(Result-factor)分析 結果의 例

區分	不適合現象	f - 1	f-1-1	f-1-1-1
人的로스 - 工程編成 - 作業方法 - 動作浪費 - 物流浪費	素材의 投入시 2중 作業 發生 (大 Box > 小 Box)	- 素材 投入 Box의 不合理 - 素材 投入位置 및 높이 不合理	- 素材Box의 바다 凹凸	
	加工라인-洗滌라인 物流停滯의 發生	- Box 交換에 따른 2중作業의 發生 - Box내 積載數量的 標準化 未備	- 2라인에서 使用 하는 Box가 다름 - Plastic Box의 使用으로 積載量 基準이 없다	- 洗滌用 Box의 별 도 使用 - 不合理한 積載方 法の 適用
	#30工程 作業者疲勞 增加	- Door의 Sliding Bearing 磨耗	- Chip비산에 의한 Sliding部位破損	
	加工準備時間 浪費 의 發生	- Guide Pin目標值 數가 Tight		
設備로스	잡은 工具 破損 (#100工程 드릴)	- 加工條件未遵守 - 回轉數가 느림	- 加工條件 標準化 未洽 - 여타의 드릴回轉 數와 同一함	
	手作業에 의한 裝着 脫着의 過多	- 自動 裝脫着의 不在		
	作業準備時間 過多	- 作業道具準備不足 - 調整作業의 過多	- 作業道具의 明確 한 把握不足 - 基準의 不正確	- 作業道具 List 不在

(표 3) 工程別 改善前後 作業所要時間

(單位:秒)

工程No	改善前			改善後			工程No	改善前			改善後			
	手	機械	計	手	機械	計		手	機械	計	手	機械	計	
10	13	60/2	43	9	60/2	39	80	6	20	26	3	20	23	
20	4	13	17	3	13	16	90	7	33	40	3	33	36	
30	8	50/2	33	4	50/2	29	100	9	31	40	6	31	37	
40	6	20	26	4	20	24	110	8	36	44	5	36	41	
50	6	25	31	4	25	29	120	5	10	15	4	10	14	
60	6	19	25	3	19	22	130	12	-	12	8	-	8	
70	6	-	6	공	정	삭	제	140	10	50	60	10	50	60

3. 시뮬레이션에 의한 效率의 評價

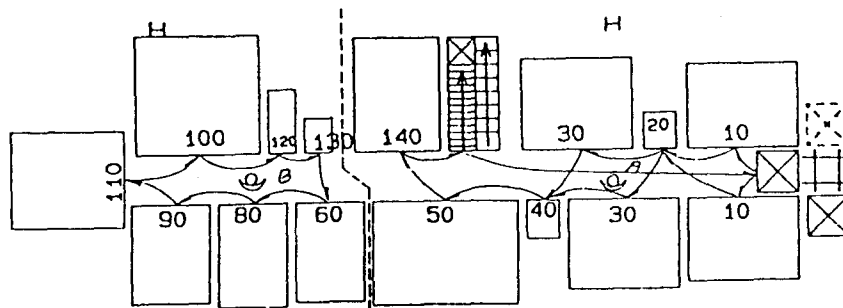
각 工程內에서 業務遂行過程上 발생가능한 制限 問題點을 사전에 摘出하고 이의 解決을 위해 ECRS (Eliminate,Combine,Rearrange,Simplify) 原則의 適用과 함께 手作業時間의 最少化를 위한 簡易自動化的 積極적인 導入, 工程의 統廢合, 2重作業 發生의 除去, 簡易 Jig의 採用等을 통해 生産所要時間의 短縮이 가능하며, 또한 作業者別 擔當工程 再調整의 여지가 있음을 確認할 수 있었다. 이러한 내용의 適用에 따른 效果는 標準作業組合票의 작성과 라인밸런스 效率등의 計算을 통하여 比較 評價할 수 있으나, 卽刻의인 現場適用에 앞서 現場의 諸般 生産條件과 동일한 狀態에 서 사전 模擬實驗함으로써, 適用後 일어날 수 있는 內容을 사전에 確認하고 그 實效性을 把握할 수 있다.

3.1 Simulation Model의 構成

SIMAN Software는 시스템내에서 數學的이며 論理的인 計算을 遂行하는 Model Frame과 實驗하고자 하는 모든 實驗條件들을 入力하는 Experimental Frame으로 構成되어 있다. 이 Model Frame은 BMC加工 라인내의 모든 機械群의 稼動狀況을 나타내게 되어 있으며 여기서 加工될 부품의 加工經路別로 부품의 到着時間分布, 加工待機時間, 加工時間, 待機數量, 機械의 稼動率등을 論理的이며 數學的으로 計算한다. 이 프로그램에 대한 Block Diagram은 (그림 2)와 같다. 또한 Experimental Frame은 Model Frame에 의해서 作成된 시스템 Model에 實驗하고자 하는 實驗條件들을 附與하고 이를 施行하는 役割을 한다. 여기서는 이미 實驗을 위해 作成된 工程시스템 모델 特性에 부합되는 入力資料로서 部品の 到着時間 分布, 作業工程의 類型, 工程番號, 機械 및 設備名, 工程의 數, 工程順序, 加工時間 및 確率分布資料, 實驗期間(또는 時間), 實驗回數 등을 入力한다.

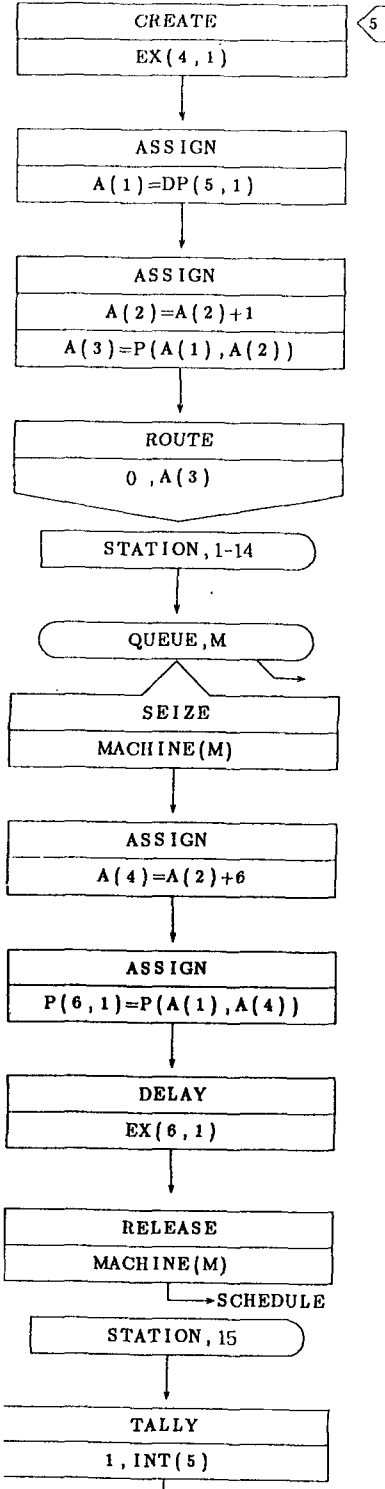
3.2 Model의 適用

14개 工程, 17대의 機械設備로 構成되어 있는 이 生産라인은 부족한 生産物量의 확보와 設備의 活用度 提高, 加工物의 工程間 停滯率 最少化를 통한 生産리드타임의 短縮 등이 絶실히 要求되어지고 있다. 본 Simulation은 1日 8時間의 作業時間(28,800초)을 基準으로, 作業者의 擔當業務領域의 調整을 통한 改善前(3인 作業)과 改善後(2인 作業)의 生産量의 變化, 生産所要時間의 變化, 設備稼動率 및 工程間 待機數量의 變化 등을 算出하여 比較하고 있다. (표 4)와 (표 5)는 改善前後의 Simulation結果를 보여주고 있다. 이 結果를 分析해 보면, 3인의 作業者에 의해 수행되는 改善前의 狀況에서는 1일 生産量이 411개이며, 제품 1단위 生産에 시스템내에서 所要하는 平均時間은 178.7초/개로 나타나고 있다. 또한 設備의 活用度(稼動率)가 저조하고 工程間 待機數量(Queue)도 거의 없는 狀態를 보이고 있다. 즉, 先行工程에서 밀려와 닿고있는 製品을 항상 餘裕있는 機械設備에 즉시 投入할 수 있는 狀況인 것이다. 반면 改善後 2인의 作業者에 의해 業務가 遂行되어질 때는 Queue에 있어서 약간의 增加를 보이고 있음을 (표 5)를



(그림 3) BMC加工라인 配置圖(改善後)

(표 4) 改善前 U라인의 效率評價 Simulation 결과



(그림 2) Model Frame의 Block Diagram의 예

Tally Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1 TIME IN SYSTEM	.1787E+03	.9734E+02	.1914E+02	.7324E+03	411

Discrete Change Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 CUTTING UTIL.	.3361E+00	.5788E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
2 CENTER UTIL.	.7729E-01	.2670E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
3 SURFACE UTIL.	.2759E+00	.5123E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
4 HOLECUT UTIL.	.1073E+00	.3095E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
5 USILCUT UTIL.	.1416E+00	.3486E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
6 DRILL&BOLT UTIL.	.1011E+00	.3014E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
7 SETBOLT UTIL.	.3394E-01	.1811E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
8 DRILLTAP UTIL.	.1383E+00	.3452E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
9 BLADER UTIL.	.2019E+00	.4014E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
10 FR&OPR UTIL.	.2331E+00	.4228E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
11 Rr&OPR UTIL.	.2222E+00	.4157E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
12 WASH UTIL.	.5169E-01	.2214E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
13 O5 FINISH UTIL.	.6046E-01	.2383E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
14 HONING UTIL.	.2613E+00	.4393E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05

Stop - Program terminated.

Discrete Change Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 CUTTING QUEUE	.5518E-02	.7408E-01	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
2 CENTER QUEUE	.6571E-02	.8222E-01	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
3 SURFACE QUEUE	.5046E-02	.7085E-01	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
4 HOLECUT QUEUE	.1184E-01	.1081E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
5 USILCUT QUEUE	.9197E-02	.9546E-01	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
6 DRILL&BOLT QUEUE	.1211E-01	.1262E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
7 SETBOLT QUEUE	.3554E-04	.5961E-02	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
8 DRILLTAP QUEUE	.1338E-01	.1195E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
9 BLADER QUEUE	.5972E-01	.2913E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05
10 FR&OPR QUEUE	.3944E-01	.2177E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
11 Rr&OPR QUEUE	.8167E-01	.3954E+00	.0000E+00	.4000E+01	.2880E+05
12 WASH QUEUE	.5301E-02	.7261E-01	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
13 O5 FINISH QUEUE	.3353E-02	.5781E-01	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
14 HONING QUEUE	.8969E-01	.3635E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05

(표 5) 改善後 U라인의 效率評價 Simulation 結果

Tally Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1 TIME IN SYSTEM	.2907E+03	.1385E+03	.3589E+02	.8835E+03	533

Discrete Change Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 CUTTING UTIL.	.6728E+00	.7526E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
2 CENTER UTIL.	.1422E+00	.3493E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
3 SURFACE UTIL.	.5200E+00	.6702E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
4 MOLEUCUT UTIL.	.2494E+00	.4327E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
5 USILCUT UTIL.	.2490E+00	.4325E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
6 DRILL&BOLT UTIL.	.1938E+00	.3953E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
7 SETBOLT UTIL.	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.2880E+05
8 DRILLTAP UTIL.	.2168E+00	.4121E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
9 BLADER UTIL.	.3325E+00	.4711E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
10 FR&OPR UTIL.	.3519E+00	.4775E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
11 R&OPR UTIL.	.3586E+00	.4798E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
12 WASH UTIL.	.1276E+00	.3337E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
13 OS FINISH UTIL.	.7062E-01	.2562E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05
14 HONING UTIL.	.5056E+00	.5000E+00	.0000E+00	.1000E+01	.2880E+05

Discrete Change Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 CUTTING QUEUE.	.5836E-01	.2432E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
2 CENTER QUEUE	.2638E-01	.1764E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
3 SURFACE QUEUE	.2852E-01	.2071E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05
4 MOLEUCUT QUEUE	.7336E-01	.2898E+00	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
5 USILCUT QUEUE	.1051E+00	.4571E+00	.0000E+00	.5000E+01	.2880E+05
6 DRILL&BOLT QUEUE	.6389E-01	.3437E+00	.0000E+00	.4000E+01	.2880E+05
7 SETBOLT QUEUE	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.2880E+05
8 DRILLTAP QUEUE	.5103E-01	.2743E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05
9 BLADER QUEUE	.1424E+00	.4402E+00	.0000E+00	.4000E+01	.2880E+05
10 FR&OPR QUEUE	.1365E+00	.4268E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05
11 R&OPR QUEUE	.1670E+00	.5014E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05
12 WASH QUEUE	.1306E-01	.1213E+00	.0000E+00	.3000E+01	.2880E+05
13 OS FINISH QUEUE	.2790E-02	.5548E-01	.0000E+00	.2000E+01	.2880E+05
14 HONING QUEUE	.5331E+00	.1112E+01	.0000E+00	.6000E+01	.2880E+05

Stop - Program terminated.

(표 6) 改善前後 Simulation 結果의 比較

項 目	改善前(3人作業)	改善後(2人作業)	備 考
1日 生産量	411개	533개	29.68 % 향상 + 112 초
平均工程所要時間	178.7초	290.7초	
Queue 發生數 *	0.08961	0.5331	
設備利用率 *	26.13 %	50.56 %	

* #140 工程인 Honing設備의 例를 拔해줬음.

(표 7) 改善實行後 效果의 結果分析

區 分	單位	改善效果評價		
		改善前	改善後	向上率(%)
라인編成人員	名	6	4	- 2 名
라인編成效率	%	84.2	94.3	12.0
라인 Tact-Time	秒	61.0	53.0	13.1
時間當生産數量	個/Hr	59.0	67.9	15.1
MH當 生産數量	個/Hr	19.7	34.0	72.6

통해서 알 수 있다. 이러한 待機數量的 增加는 生産시스템내에서 所要되어지는 單位당 平均生産所要時間을 길게 만든다(290.7초/개). 그러나 設備의 活用도가 높아짐에 따라 1일 生産量은 53개로 增加하고 있음을 알 수 있다. 즉,보다 적은 人員으로 보다 높은 機械活用率과 함께 必要生産量의 確保가 가능함을 確認할 수 있게 해주고 있다.

4. 結論

이상의 시뮬레이션의 結果를 土臺로 볼 때, 改善效果의 明確함을 確認할 수 있으며 實際 改善後 얻어진 結果도 시뮬레이션의 그것과 類似하게 나타나고 있음을 (표 7)을 통해서 알 수 있다. 즉, 有形的인 效果로서 라인 택트타임이 53초로 短縮되어져 MH당 生産數量이 34개를 보임으로써 正常作業時間(480분/交代)만의 運營에 의해서도 필요로 하는 生産數量의 確保가 가능하게 되었다. 또한 無形的인 效果로서는 주변의 類似한 加工라인에의 波及 適用可能性 認識과 改善에 대한 明確한 마인드 定立을 통한 持續的인 改善活動 誘導 등의 側面을 들 수 있다. 本 研究에서 살펴 본 模擬實驗은 改善의 展開에 앞서 改善效果를 推定해보고, 그 效果가 明確함을 確認한 후에 改善으로의 接近이 보다 效率的이고 經濟的으로 進行되어질 수 있도록 誘導되어졌다는 점에서 그 意味가 컸다고 할 수 있다.

이 論文은 仁荷大學校 産業科學技術研究所 1993년도 研究費에 의하여 隨行되었으며 이에 感謝의 뜻을 표합니다.

參 考 文 獻

- 1) 門田安弘, 新トヨタ システム, 講談社, 1991
- 2) 平野裕之, Just-In Time生産革命 指導 매뉴얼, 韓國能率協會, 1990
- 3) A.Gunasekaran, S.K.Goyal, I.Virtanen and P.Yli-Olli, " An investigation into the application of group technology in advanced manufacturing systems ", INT. J. Computer Integrated Manufacturing, 1994, Vol.7, No.4, pp.215 - 228
- 4) C.D.Pegden, "Introduction to SIMAN," System Modeling Corp., 1982
- 5) C.D.Pegden, R.E.Shannon, R.P.Sadowski, "Introduction to Simulation Using SIMAN," McGraw-Hill, Inc., 1991
- 6) G.T.Mitenburg, J.Wijngaard, " U-Line Line Balancing Problem ", Management Science, 1994, Vol.40, No.10, pp.1378-1388
- 7) Marc J.Schniederjans, "Topics in Just-in-Time Management," Massachusetts, Allyn and Bacon, 1993