

승용자동차용 퓨즈 박스 조립기 개발에 관한 연구

(Development of Fuse Box Assembly Machine for Automobile)

박 정 수*
(Jung-Su Park)

요약 이 논문은 승용차용에 사용되는 퓨즈박스 자동조립기의 개발에 관한 연구로서 기존 시스템은 퓨즈를 날개로 수동 공급하여 스위치의 조작에 의해 압입하여 조립하였으나 이 연구에서는 자동공급피더에 의해 퓨즈를 자동으로 공급시키고 센서의 감지에 의한 자동 압입을 실시하는 장치로써 생산성을 대폭 향상시킨 것이라 할 수 있다.

Abstract This paper provides that improve productivity of fuse box assembly processing. It is the most difficult processing that automated receptacle assembly job for fuse box assembly. Most of these assembly processing has been made of fuse insert procedure to circuit board by hand-operated. Therefore this study develops the automative fuse box assembly machine for feeding each fuse model automatically.

1. 서론

최근 자동생산라인이 유연생산 시스템(flexible manufacturing system, FMS)으로 발전 해가고 있는 과정에서 각 생산라인 별로 적용된 기술수준이 기업별로 차이가 크므로 인해 생산성의 병목현상뿐만 아니라 부분적으로는 제품의 품질에도 많은 문제가 발생하기도 한다. 또한 생산라인 일부의 자동화 기술 부족은 FMS의 최대 장점중 하나인 다품종 소량생산체제로 유효 적절하게 대응하는데 한계를 드러내고 있다 [1,10].

기존의 자동차 퓨즈박스 조립라인에서는 퓨즈의 연결부인 리셉타클을 수작업으로 공급하여 스위치의 수동조작에 의해 압입하여 조립 하므로써 생산성이 낮아 이의 개선이 절대적으로 필요한 실정이다. 본 연구에서는 퓨즈 박스의 조립과정 중에서 가장 난이도가 높은 리셉타클의 자동조립기의 개발에 따른 신규의 여러 종류의 작업이

가능토록 하는 방법과 생산성의 향상에 대한 절대적인 방법을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

자동 조립이란 기계화되고 자동화된 장치를 사용하여 조립이나 셀의 여러 기능을 수행하는 것을 말한다. 최근 몇 년간 조립 자동화 기술이 크게 발전했다. 이러한 발전은 로봇적용분야의 발전에 커다란 계기가 되었다 [3, 8].

품질관리와 자동화는 서로 협력 체제를 구축해야 한다. 공정이 잘 관리되고 부품 분산의 중요성을 이해하는 것이 고품질과 생산자동화 모두에 있어서 중요하다. 통계적 공정관리는 한때 제품의 품질에만 영향을 미친다고 생각했다. 요즘은 그것이 자동화된 공정의 생산 능력에 중대한 영향을 준다고 본다 [2].

조립 기계는 각각의 조립 형태가 개별적으로 특성화되기 때문에 분류하기란 매우 어렵다. 제품 디자인에서 자

*안동과학대학 산업정보과

동 조립을 촉진시키기 위해 적용될 수 있는 몇 가지 제안을 소개하면 필요한 조립작업 수를 줄일 수 있으며 정해진 디자인을 사용하여, 필요한 조립 수를 선정할 수 있다. 또한 한번에 많은 부분품을 다루어야 하는 경우에서도 향상시킬 수 있다 [5, 6].

새 부품이 기존 반 조립품에 추가되는 방향의 수를 최소화 할 수 있으며, 부분품의 고품질을 요구 하기도하고, 호퍼 빌리터를 실현한다. 제품 디자인에서 자동조립과 호환된다고 가정할 때 자동조립 시스템의 동작과 구성의 특징을 결정하는 여러 가지의 방법이 있으며, 시스템에 사용된 재료의 운반 시스템을 살펴보면

1. 연속운반 시스템
2. 동기형 운반 시스템
3. 비동기 운반 시스템
4. 기준 부품 상주 시스템

으로 구성할 수 있다 [4, 9].

본 연구에서는 리셉타클의 자동 조립에 있어서 단 단계 조립기계분석 방법으로 분석하였으며. 여기서 단 단계 조립을 위해 워크스테이션으로 이동되는 여러 부분품을 가진 단일 워크 헤드로 가정할 때 기계에서 수행되는 개별 조립 요소 작업의 수 n 이라고 하면 각 요소 작업 시간

$T_{ai}(i=1,2,\dots,n)$: 단 단계조립기계의 이상적 사이클 타임은 기계에서 이루어질 조립 작업들의 각 요소 작업시간과 기준부품을 제 위치에 적재하고 완성품을 적하 하는 처리시간의 합이라 볼 수 있다. 이상적 사이클 타임은

$$T_c = T_h + \sum_{i=1}^n T_{ai} \quad (1)$$

이다.

조립요소 중에는 기본 부장품의 부품을 추가시키는 작업을 수반하는 경우가 많다. 각 부분품 형태가 일정한 분수 폐기를 q_i 를 가지며 불량품이 워크스테이션에 걸림을 발생시킬 확률 m_i 걸림이 발생하면 조립기계는 정지되며 걸림을 해소하고 시스템을 재시동 시키는데 필요한 평균시간(T_d)이다. 이에 따른 평균고장시간은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$T_c = T_h + \sum_{i=1}^n q_i m_i T_d \quad (2)$$

여기서 기계 사이클 타임은 걸림으로 인한 고장시간을

포함시키면 구할 수 있다. 부분품의 추가를 포함하지 않는 요소를 위한

$$q_i = 0$$

추가된 모든 부분품을 위한 q 와 m 값이 같은 특수한 경우를 생각하면 평균고장시간은

$$T_p = T_c + nmq T_d \quad (3)$$

가 된다. 또한 q_i 와 m_i 가 모두 같을 때 대응하는 생산율은

$$R_{ap} = \frac{(1 - q + mq)^n}{T_p} \quad (4)$$

이 되고 가동시간 능력은

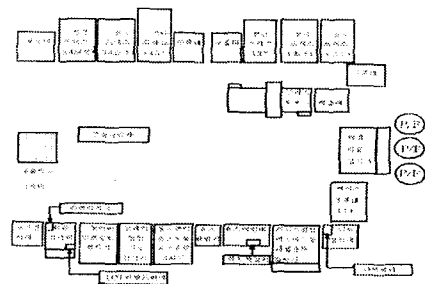
$$R_{ap} / T_p \quad (5)$$

로 한다. [4]

3. 제조공정도 및 장치의 구성

리셉타클 압입기의 구성으로 보면 리셉타클 공급을 위한 자동 공급 장치 부와 서보기구에 의해 X,Y축이 위치를 감지하는 서보 구동 부와 이를 제어하는 컨트롤 부로 구성되어 있다. 공정의 시간이 많이 소요되는 리셉타클 압입을 대상으로 선정하였다.

본 연구의 대상업체는 자동차용 휴즈박스를 전문적으로 생산하는 1업체로서 중견기업이다. 본 공정은 휴즈박스 조립라인에 있어서 휴즈의 자동조립에 관하여 시험하였으며 구조를 보면 다음과 같다. 휴즈박스의 제조레이아웃은 <그림1>에 나타나 있다.

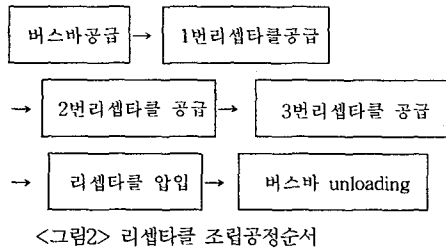


<그림1> 휴즈 박스 제조공정 레이아웃도

본 제조공정의 구성으로 보면 버스바 컷팅 및 절곡 프레스부 와 구리스 도포기부, 리셉타클 압입부, 휴즈박스

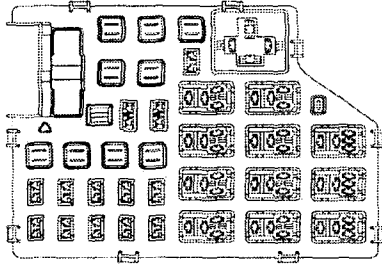
공급부, 압입기능 검사부로 분류되어 있다.

<그림2>는 리셉타클의 조립공정을 나타낸 것이다.



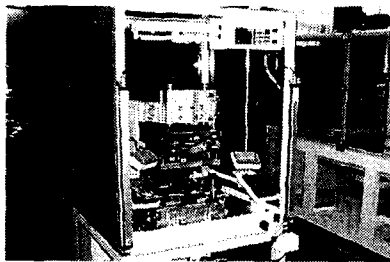
<그림3>는 휴즈박스의 외형도 이다.

H사의 SM Car 전자 구동장치로써 휴즈박스의 공급 및 휴즈 및 릴레이의 조립방법이 수동으로 이루어져 있다.



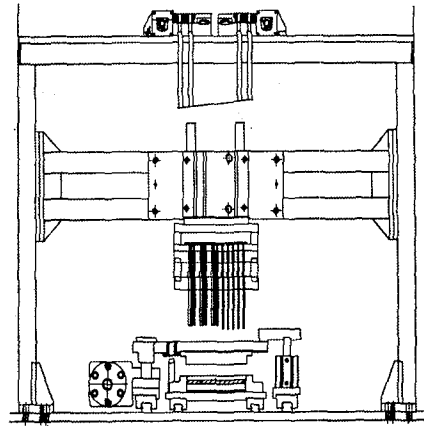
<그림3> 휴즈박스 외형도

<그림4>는 기존의 H사의 휴즈박스 조립기로서 휴즈의 일부분을 담아 수 작업으로 조립하는 기계이다.



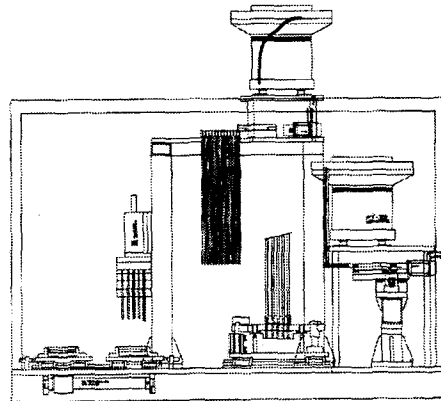
<그림4> 리셉타클 조립머신인

<그림5>는 리셉타클 조립부분으로써 주파수에 의한 제어로 전후와 좌우로 이송하면서 조립의 정확한 위치를 결정하는 로봇 원리를 이용하였다.



<그림5> 리셉타클 부분조립도

<그림6>은 휴즈박스의 조립도를 나타낸 것이며 기존의 수 작업으로 이루어지던 것을 자동공급장치를 설치하여 서보 구동장치와 주파수를 이용한 로봇시스템을 구축하여 휴즈 및 릴레이를 자동 고정하는 방법과 휴즈박스의 공급과 취위를 자동적으로 실행 할 수 있는 장치를 구성하였다.



<그림6> 휴즈박스 조립도

4. 실험결과 및 분석

본 실험에서 H사의 자동생산 시스템을 구축하기 위한 하나의 일환으로써 많은 공정들이 있으나 휴즈박스 조립 공정에서 적체됨으로 인해 생산성이 절대적으로 감소하는 경향이 있다. 이를 해결하기 위하여 장비를 3대로 늘려 실시하고 있었으나 이를 한 대의 기계로 해결할 수 있는 방법을 개발하였고, 자동생산시스템의 구축이 가능한 설비를 구상하였으며, 기존의 수 작업을 실행하던 것

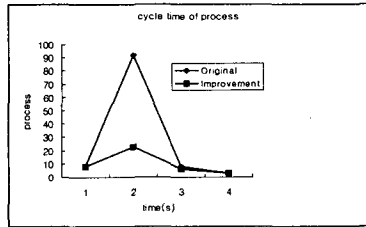
을 기구적인 서보 구동장치에 의한 주파수 제어 방법으로 자동화를 실현하여 이에 따른 설비의 성능을 기존설비와 비교 분석하여 제시하였다.

<표1>에서 리셉타클의 1Cycle 조립시간을 분석해보면 #1, #3, #4,은 큰 차이를 보이지 않지만#2공정에서 절대적으로 감소함을 알 수 있다. 이는 기존의 부분적인 공급방법에서 동시에 3가지 리셉타클을 그룹으로 형성하여 공급함으로써 상당히 유연한 시스템으로 구축한 효과로 보여진다.

<표1> 사이클타임 분석 (Tc)

작업 순서	내역	작업시간 (s)		q	m
		기존	개선		
1	버스바 공급	8	8	0.01	1.0
2	1번2번3번 리셉타클 공급	92	23	0.01	0.5
3	리셉타클 압입	8	6	0.01	0.5
4	버스바 unloading	3	3	0.01	1.0
	합계	111	40		

<그림7>은 각 공정별 조립시간을 100회 측정하여 평균값을 나타낸 것이며, 전체적인 사이클타임에서 불 때 리셉타클 공급시간이 절대적으로 감소함을 알 수 있었다.



<그림7> 리셉타클 조립시간

<표2>는 버스바 적재시간에 대한 비교분석으로써 기존 총 적재시간과 적하시간에 대해서는 신규 개발된 장치와는 근본적으로 조립부품의 공급시간은 큰 차이를 가져오지 않았다.

<표2> 버스바 공급시간분석 (F)

공정 내역	기존(s)	개선(s)	비고
총 적재시간	8	8	
적하 시간	3	3	
총적재시간, 적하시간(F)	11	11	

<표3>은 리셉타클 미공급에 따른 평균고장에 대한 비교분석이며 기존의 설비에 대한 최초 고장시간 1.895분으로 나타났으며 개선후의 고장시간은 조립의 안정성으로 인해 0.175분 정도로 낮게 나타났다.

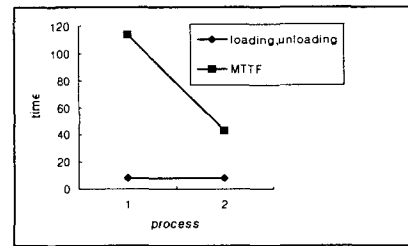
<표3> 리셉타클 평균 고장시간분석 (Tp)

공정 내역	기존(min)	개선(min)	비고
평균고장시간 (Tp)	1.895	0.175	

<표4>는 생산능률 비교분석으로써 1일 8시간 기준으로 하여 1주일 정도 시험 운전한 결과 개선전의 효과보다 개선후의 효과가 약2.62배 정도의 향상된 능률을 보였다. 생산 면에서 파격적인 향상 결과를 가져왔다.

<표4> 제품 능률분석 (Rp)

공정 내역	기존(ea/hr)	개선(ea/hr)	비고
생산능률(Rp)	32	83.9	



<그림7> 버스바 자동공급 취출에 따른 평균고장분석(MTTF).

<그림7>은 버스바 자동공급 및 자동취출에 따른 비교분석과 평균고장시간에 따른 비교분석표 이다. #1은 기존 공정에서 #2는 신규 개발된 공정이나 로딩, 언로딩 시간은 큰 차이가 없었으나 평균고장시간은 감소함을 알 수 있으며 이는 생산성의 크게 향상된 결과라 할 수 있다.

가동시간 능률분석 데이터는 <표5>에 나타나 있으며 1일 8시간 작업에서 기존의 능률이 97%로 불 때 개선후의 능률은 254%의 향상된 능률을 발휘하였으며 공정의 단축과 공정의 그룹화를 연계한 시스템 구성의 효과라고 할 수 있다.

<표5> 가동능률분석 (E)

공정 내역	기존(%)	개선(%)	비고
가동능률(E)	97	254	

5. 결론

조립을 위한 이상적 사이클타임은 0.67분이었으며 평균 고장시간을 더한 총 사이클 타임은 0.715분이었고, 생산률은 시간당 83.9개이며 가동시간에 따른 능력은 기존 대비 254%정도로 나타났다

본 연구 개발의 결과로써 기존의 생산라인에서는 1개를 조립하는데 2초가 소요되었으나 자동화로 인해 그 시간이 0.5초로 단축되므로 4배의 생산성 증대효과를 가져올 수 있었다.

기존의 조립기계에 있어서 단위사이클 당 요소 작업 수를 증가시키면 사이클타임이 증가하여 기계의 생산률이 감소함으로 인해 단 단계 조립기계의 응용은 대량생산의 응용에는 낮은 생산률을 나타냄을 알 수 있다.

이를 해결하기 위한 향상된 조립기법으로서 생산성을 극대화하기 위한 일환으로서 다단계 조립 시스템을 적용 운용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 서순근,정원기, "안전성설계 방법을 이용한 자동 흐름라인의 완충재고용량할당, 1999.
- [2] 이영해, "생산자동화개론," pp.95-109, 1997.
- [3] 김정호, "자동생산시스템기술," pp.119-144, 1993.
- [4] 노인규, "자동생산시스템," pp.127-203, 1998.
- [5] Tompkins/White/Bozer/Frazelle/Tanchoco/Trevino/ "FacilitiesPlanning" pp20-26, 1997.
- [6] Chow, W. "Buffer Capacity analysis for sequential production line with variable process time," International Journal of Production Research, pp.183-196, 1987.
- [7] Dellery, Y. and Gershwin, S. B., "Manufacturing flow line system," : A review of models and analytical results Queueing System, pp.3-94, 1992.
- [8] Hung, J.S. and Y.P. Fun. and C.C. "Inventory Management in The Consignment" Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter, 1995.
- [9] Taylor, S. G., and S. F. Bolander, "Process

Flow Scheduling," APICS. 1994.

[10] Hong, Y. And Seong, D. H., "The analysis of an unreliable two-machine production line with random processing times," , European journal of Operational Research, Vol.68, No.2, pp.228-235, 1993.

[11] Mayer, R. R., Rothkopf, M. H., and Smith, S.A., "Reliability and inventory in a production storage system" management Science, Vol.29. No.9, pp.69-86, 1983.



박 정 수 (Jung-Su Park)

1990년 경일대학교 기계공학과 학사
1993년 대구대학교 산업공학과 석사
2001년 대구대학교 산업공학과 박사
2000~현재 안동과학대학 산업정보과 초빙교수

관심분야 : CIM, 제조물책임, 비전 시스템