

전자라이터용 에폭시 정량 공급장치의 개발

Development of Epoxy Injection Machine for Electronic Lighters

박정수(Jung-Su Park) 정원(Won Jung) 장석진(Seok-Jin Chang)
대구대학교 산업공학과

<Abstract>

본 연구는 전자라이터용 에폭시 정량공급장치의 개발에 관한 것으로서 기존의 수작업에 의한 생산을 자동화함으로써 품질의 균일화를 도모하고 또한 납기준수를 위한 생산성향상에 기반을 둔 개발로서 전자라이터의 핵심 부품이라고 할 수 있는 Piezo ignitor 절연부에 에폭시를 정량으로 주입할 수 있게 함으로써 품질 및 생산목표를 달성하고 기업의 이윤을 극대화하는데 초점을 맞추었다.

1. 서론

현재 대부분의 중소 제조업체에서는 조립시간을 단축시켜 제품의 생산 원가를 절감하고 조립생산성을 향상시키기 위하여 부품의 조립공정을 최소화하려는 노력을 하고 있다. 즉 생산제품의 경쟁력 향상을 위해서는 조립라인에 대한 효과적인 개선활동을 실시함으로써 생산성을 향상시킬 수가 있으며, 적은 비용의 추가설비 부문 및 공정개선을 통하여 기업이 추구하는 목표의 상당부분 달성할 수 있다.

특히 우리 나라 중소 제조업체의 경우 현재 수작업에 의한 생산으로 단순노동력을 이용한 생산활동을 영위함으로써 인하여 그 생산성이 매우 낮아 이의 개선이 절대적으로 필요한 실정이다. 또한 이들 단순 근로자의 경우 이직과 미 숙련으로 인한 불량품 발생요인을 제거하고, 단순하고 반복적인 업무의 수행으로 인한 종업원의 피로도를 증가시켜 작업효율을 저하시키고 동시에 화학약품 등을 사용하는 경우는 인체에 치명적인 해를 끼칠 수 있다고 사료된다.

제조업에서의 공정라인을 자동화를 추진하는 과정에서 각 부품의 생산라인 별로 기술의 수준이 서로 다르기 때문에 발생하는 문제점이 많이 대두되고 있다.

이번에 개발하게된 장치는 전자라이터의 핵심 부품인 Piezo ignitor의 절연부에 에폭시를 주입하여 절연시키고 고정시키는 역할을 하게 된다. 이는 두 가지 종류 이상의 아이템을 한 기종에 효율적으로 적용하여 운용함으로써 생산량의 증가에 쉽게 대응할 수 있도록 하였다. 또한 종업원의 수작업에 의한 생산은 불량주입과, 주입량을 일정하게 유지시키지 못하여 품질의 균일화를 달성할 수 없었다. 이러한 공정을 자동화함으로써 인하여 제품의 품질개선과 동시에 본 연구에서 이루고자 하는 생산성향상 측면에 있어서 획기적인 발전을 가져왔다고 할 수 있다.

2. 이론적 배경

생산현장에 있어서 불량품의 발생은 분수 폐기를 q 로 발생한다.(1) 즉, 조립단계에서 q 는 다음 부분품이 고장날 확률이라고 볼 수 있다. 불량 부분품의 이송이나 조립은 각 조립단계에 있어서 생산의 지연을 유발할 가능성이

높다. 불량품이 조립스테이션의 고장이나 정지를 유발할 확률을 m 이라 한다. 여기에서 q 와 m 은 조립스테이션에 따라 달라질 수 있으므로 그 각각을 q_i, m_i 로 표시하기로 한다. 여기서 i 는 조립스테이션의 수로서 $1, 2, 3, \dots, n$ 의 정수이다.

여기에서 부분품이 불량이면 조립스테이션의 걸림을 발생시킬 확률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$p_i = m_i q_i \quad (1)$$

부분품이 불량이고 스테이션 걸림을 유발한 경우, 부분품을 제거하고 다음 부분품을 이송하여 조립할 수 있게 한다. 이 다음의 부분품은 불량이 아니라고 가정한다면 연속적인 2회 고장의 확률은 $\{q\}_2$ 이므로 매우 적다.

또한 부분품이 불량이지만 스테이션의 걸림을 유발시키지 않을 확률은 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$(1 - m_i) q_i$$

이 상태에서 불량 부품이 기존 조립품에 결합되어 전체 조립품의 불량을 내는 경우가 발생하게 된다. 마지막의 경우로서 가장 바람직한 형태인 부분품이 불량이 아닌 경우로서 그 확률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$1 - q_i$$

이 발생확률을 하나로 합하면 다음과 같은 식이 성립된다.

$$m_i q_i + (1 - m_i) q_i + (1 - q_i) = 1 \quad (2)$$

또 모든 i 에 대해 $m_i = m$ 이고 $q_i = q$ 인 특수상황에서 식 (2)는 다음과 같이 간소화된다.

$$mq + (1 - m)q + (1 - q) = 1 \quad (3)$$

n 스테이션에서 발생할 수 있는 제품의 분산을 구하기 위하여 스테이션 n 개 모두에 대해서 식 (2)의 항들을 서로 곱할 수 있다.

$$\prod_{i=1}^n [m_i q_i + (1 - m_i) q_i + (1 - q_i)] = 1 \quad (4)$$

식 (3)에서 모든 m_i 가 같고 모든 q_i 가 같은 특수한 경우 식 (4)는 다음과 같이 전개될

수 있다.

$$[mq + (1 - m)q + (1 - q)]^n = 1 \quad (5)$$

여기에서 $m_i q_i$ 는 라인의 정지와 동시에 조립품에 불량품이 추가되지 않았다는 것을 나타낸다, 또 $(1 - q_i)$ 는 스테이션에서 합격품이 추가되었다는 것을 나타낸다. 즉 이들 두 항의 합은 스테이션 i 에서 불량 부분품이 추가되지 않을 가능성을 나타낸다. 모든 스테이션을 위한 이들 확률을 곱하면 합격품이 라인을 떠나는 비율 P_{ap} 를 구할 수 있다.

$$P_{ap} = \prod_{i=1}^n (1 - q_i + m_i q_i) \quad (6)$$

조립기계를 위한 성능의 척도로서 합격품과 불량 조립품의 비율 외에도 기계의 생산률, 가동 및 고장시간의 비율, 생산 단위당 평균단가 등이 있다. 생산률을 계산하기 위해서 사이클당 고장빈도 F 는 사이클당 예상되는 스테이션 걸림 수를 취하여 구할 수 있다.

$$F = \sum_{i=1}^n p_i = \sum_{i=1}^n m_i q_i \quad (7)$$

모든 p_i 와 $m_i q_i$ 가 같다면 식 (7)은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F = nmq \quad (8)$$

따라서 조립품당 평균 생산시간은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$T_p = T_c + \sum_{i=1}^n m_i q_i T_d \quad (9)$$

여기서 T_c = 이상적인 사이클 타임, T_d = 평균고장시간 이다.

그런데, 모든 스테이션에서 $m_i = 1$ 이 아니라면 조립품의 생산은 하나 이상의 불량 부분품을 가진 단위를 포함할 수 있다고 생각해야 한다. 그러므로 생산률은 불량품의 발생이 없는 조립품을 생산하도록 수정되어야 한다. 이것을 합격품 생산률 R_{ap} 라고 한다면 다음과 같은 식을 도출할 수 있다.

$$R_{ap} = \frac{\prod_{i=1}^n (1 - q_i + m_i q_i)}{T_p} = \frac{P_{ap}}{T_p} \quad (10)$$

m_i 와 q_i 가 모두 같을 때의 대응하는 생

산율은

$$R_{ap} = \frac{(1 - q + mq)^n}{T_p} \quad (11)$$

로 계산할 수 있다. 따라서 식 (10)과 식 (11)에서 합격품 만을 위한 평균 생산률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$E = \frac{T_c}{T_p} = \frac{T_c}{T_c + mnq T_d} \quad (12)$$

3. 제조라인의 공정순서

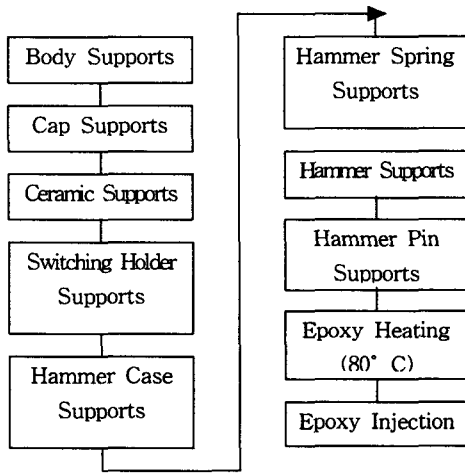


그림 1. 제조공정도

4. 공급장치

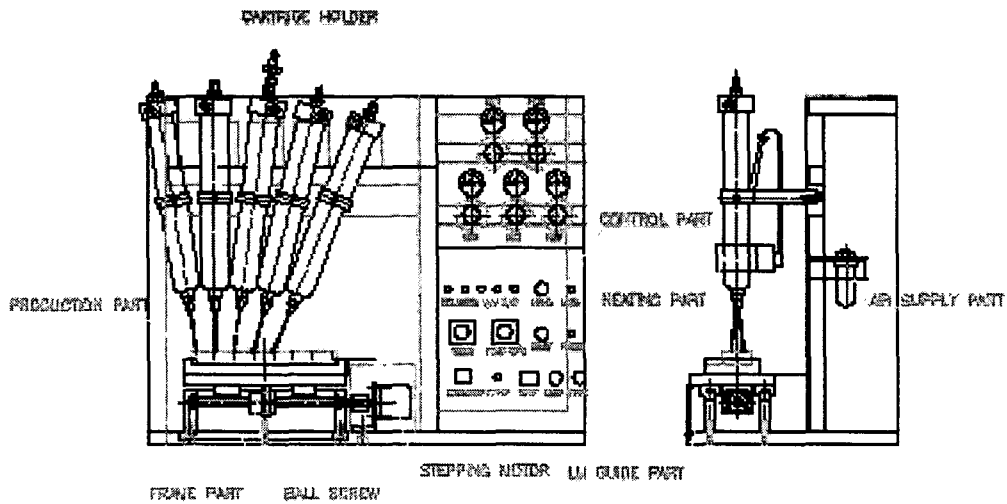


그림 67 에폭시 정량공급장치 조립도

4.1 조립도

4.2 전기회로도

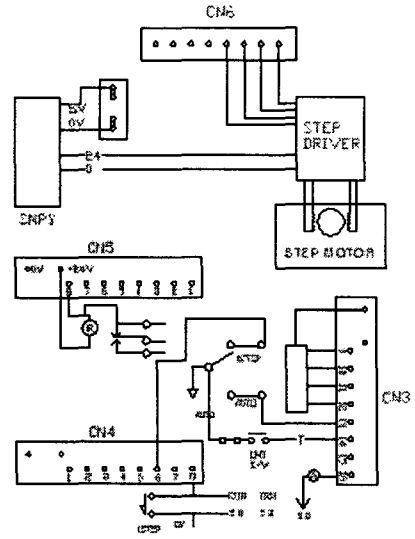


그림 68 전기회로도-2

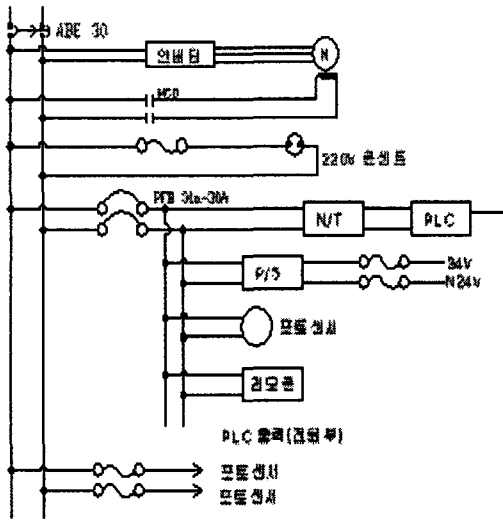


그림 69 전기회로도-1

5. 데이터의 처리 및 분석

본 연구의 대상업체는 전자라이터용 플러그를 생산하는 업체로서 1일 8시간 작업을 7일간에 걸쳐 평균치를 산정 하였다.

1) 조립을 위한 정상적인 Cycle Time 분석 (T_c)

공정 순서	공정 내역	기존 Time(s)	개선 Time(s)	q	m
1	프러그공급	10	10	0.01	0.5
2	EPOXY 투입	50	15	0.01	0.5
3	Plug Loading	3	3	0.01	0.5
4	Plug unloading	3	3	0.01	0.5
	1 Cycle Time (T_c)	66sec	31sec		

2) 전자라이터용 플러그 적재시간 비교분석 (F)

공정 내역	기존(s)	개선(s)	비고
총 적재시간	25	25	
적하시간	3	3	
총적재,적하시간(F)	28	28	

3) 전자라이터용 미공급에 따른 평균생산시간 분석(T_p)

공정 내역	기존(min)	개선(min)	비고
평균생산시간(T_p)	2	0.53	

4) 생산능률 비교분석(R_p)

공정 내역	기존(ea/hr)	개선(ea/hr)	비고
생산능률(R_p)	54.5	116.12	

5) 불량품 포함비율 분석(P_{ap})

공정 내역	기존(%)	개선(%)	비고
생산수율(P_{ap})	4.6	1%	

6) 가동시간 능률분석(E)

공정 내역	기존(%)	개선(%)	비고
가동능률(E)	53	103	

6. 결론

본 연구에서는 전자라이터용 에폭시 정량 공급장치를 개발하고, 그것이 조립생산을 영위하는 기업으로 하여금 품질과 생산성의 향상을 가져올 것이라는 가정을 하고 그 생산성을 도출해 내기 위한 이론적인 고찰을 하였으며, 사례로서 실제 데이터를 분석하여 보았다.

조립을 위한 정상적인 사이클 타임은 0.516분이었으며 평균 고장 시간을 더한 총 사이클 타임은 0.53분이었다. 생산률은 시간당 116개이며 가동시간은 기존에 대비 103%인 것으로 나타났다.

전자라이터용 플러그를 생산하는데 총사이클 타임은 2.12배정도 상승함을 알 수 있었으며 생산량은 2.13배정도 상승하였다. 전자라이터용 플러그를 기존 수작업으로 하던 것을 자동화함으로써 인력의 배치에서 효율적으로 운용과 다단계공정의 복수기계를 운용할 수 있는 효과를 얻을 수 있었으며 인건비의 절감효과를 가져올 수 있었다.

여기에서 단단계흐름에서는 생산성의 한계를 느낄 수 있었으며 높은 생산성을 위해서는 다단계공정으로 자동흐름 라인을 구축하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 생산시스템공학, 工學博士 人見勝人 공학박사 조규갑역, 도서출판 회중당, 1994.
2. Gay, D. S., "Ways to Place and Transport Parts," Automation, June 1973.
3. Goodrich, J. L., and G. P. Maul, "Programmable Parts Feeders," Industrial Engineering, May 1983.
4. Groover, M. P., M. Weiss, R. N. Nagel, and N. G. Odrey, Industrial Robotics: Technology, Programming, and Application, McGraw-Hill Book Company, New York, 1986.
5. Mackzka, W. J., "Feeding the Assembly System," Assembly Engineering, April 1985.
6. Riley, F. J., Assembly Automation, Industrial Press, Inc., New York, 1983.