

생산 시스템에서 직접 원가 분석 모델

한주윤^{1*} · 정봉주¹ · 유일근²

¹연세대학교 산업시스템공학과 / ²홍익대학교 산업공학과

A Direct Cost Analysis Model in Manufacturing System

Jooyun Han¹ · Bongju Jeong¹ · Il-Geon Yoo²

¹Department of Industrial Systems Engineering, Yonsei University, 120-749

²Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791

Although manufacturing cost is a major part of profit in a company, it is difficult to be calculated by an analytic method. Besides, the manufacturing cost gained by simple financial structure dose not have an important meaning in market place. Therefore, an analytic method of computing the manufacturing cost is very necessary in manufacturing system. In this study, we suggested the direct cost analysis model which are able to measure accurate cost analysis of product in manufacturing system. The direct cost analysis model is made up of directly used expenditure for unit product. Also, system performances are put in the manufacturing cost analysis model so that it could be possible to analyze the change of manufacturing cost as system performances change. At the end of this paper, it verifies its relevancy and practicality of the suggested direct cost analysis model through the case study, using real data for direct labor cost.

Keywords: direct cost, cost analysis, manufacturing system

1. 서론

원가를 연구하는 분야에 따라서 약간의 차이는 있지만 일반적으로 커다란 의미의 원가에 대한 정의는 “원가란 특정한 목적을 달성하기 위해서 발생한 또는 발생할 가능성이 있는 희생을 화폐가치로 측정할 것”이라는 미국회계학회 정의와 거의 유사하다. 좁은 의미의 원가는 일반적으로 “특정 제품이나 서비스를 구하기 위해서 치른 희생을 또는 이를 화폐단위로 측정할 것”을 말한다. 일반적으로 좁은 의미의 원가는 다음 <Figure 1>과 같은 구조를 지니고 있다(Yoo, 1997).

이러한 원가는 기업의 가장 핵심적인 관심 분야 중에 하나이다. 제품의 원가를 정확하게 측정하는 것에서부터 시작하여 측정된 원가를 제대로 관리하고 개선하는 것, 그리고 나아가서는 원가의 구조를 분석하고 연구하는 것에 이르기까지 원가에 대한 관심 분야와 연구 분야는 상당히

광범위하다. 원가 관리는 보통 경영학에서 회계적인 부분과 맞물려 많은 연구가 이루어지고 있으며, 원가 개선은 생산과 직접적으로 관련이 있는 각각의 공학적인 분야(기계, 금속 등)에서 생산 방법의 혁신이나 재료의 개발 등을 통하여 이루어지고 있다. 그러나, 생산되는 제품에 대한 원가의 측정과 원가 구조의 분석 및 전체적인 생산 시스템과의 상관관계에 대한 연구는 매우 미비한 실정이다

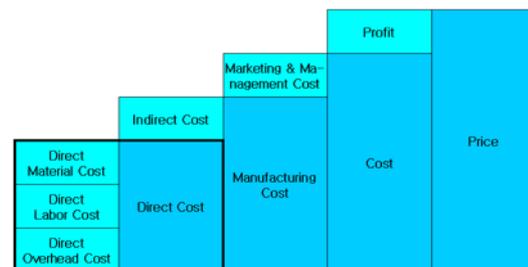


Figure 1. Structure of direct cost.

본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자물류연구센터의 지원에 의한 것임

* 연락처자 : 한주윤, 120-749 서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교 산업시스템공학과, Fax : 02-364-7807, E-mail : zoovary@yonsei.ac.kr
2003년 3월 접수; 2003년 10월 수정본 접수; 2003년 11월 게재 확정.

본 연구에서 다루는 생산 시스템이란 “특정한 목적을 이루기 위하여 개체의 흐름으로 이루어진 프로세스의 조직망”이다. 여기서 특정한 목적이란 일반적으로 수익의 창출을 의미한다. 또한, 프로세스란 보통 물리적인 생산 공정을 의미하기도 하지만 간접적으로 공정에 도움을 주는 작업들도 포함한다. 개체는 생산되는 제품과 함께 시스템을 조정할 수 있는 정보를 의미하며 이러한 개체의 흐름은 제품과 정보가 시스템 내에서 어떠한 방식으로 사용되어지는가를 나타낸다. 마지막으로 중요한 것은 이러한 의미의 생산 시스템은 상호 교류가 일어나는 조직으로 이루어져 있다는 것이다(Hopp and Spearman, 1996). 따라서, 생산 시스템은 이러한 유기적인 상호 교류를 관찰하고 제어하기 위해서 여러 가지 성능 지표를 지니고 있다. 제품의 생산 시간을 의미하는 공정 시간(Cycle Time), 제품의 생산량을 의미하는 산출량(Throughput), 공정 안에서 작업중인 재고를 의미하는 재공(Work-In-Process), 기계의 작업효율을 의미하는 가동률(Utilization) 등이 대표적인 성능 지표라고 볼 수 있다. 생산 시스템의 성능 지표들의 관계에 대한 연구는 리틀의 법칙(Little's Law)이라는 가장 널리 알려진 생산 시스템의 기본 법칙으로 시작하여 매우 활발하게 연구되어져 왔다. 그러나 이런 성능 지표들과 원가와와의 관계에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

직접 원가는 기본적으로 제품의 생산에 관련된 부분이 많은 비중을 차지하며 생산 시스템의 성능은 직간접적으로 이런 직접 원가에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 따라서 생산 시스템의 여러 요소들을 직접 원가 측정 모델에 반영하여야 더욱 정확한 직접 원가 측정 모델이 될 수 있다. 이러한 직접 원가 측정 모델은 생산 시스템의 성능 변화에 따른 원가의 변화를 알 수 있을 뿐만 아니라 회계적인 원가의 측정이 아닌 현재 생산 시스템의 상태를 잘 반영하는 원가 측정 모델이 될 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 제조 원가와 관련된 기존의 연구 현황 및 연구의 필요성을 소개하였고, 3장에서는 생산 시스템의 성능을 반영하여 정확한 직접 원가 측정 및 분석이 가능한 직접 원가 분석 모델을 제안하였다. 4장에서는 제안된 모델을 이용한 사례 연구를 기술하였다. 마지막 5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시하고 있다.

2. 기존 연구 현황

제조 원가에 대한 연구는 ABC를 기반으로 생산 공정에 적용이 가능한 모델을 수립하는 연구 분야와 공학적인 접근 방식을 통해 제조 원가 모델을 수립하는 연구 분야가 있다. 또한 이 두 가지 분야는 원가 모델의 적용 방식에 따라 일반적인 생산 공정에 적용한 범용적인 모델을 개발

하는 연구 분야와 특정 생산 공정에 맞도록 특화된 모델을 개발하는 연구 분야로 나누어진다.

ABC 방식은 원가 계산에 대해 신뢰성이 높은 성능을 보이며, 보편적이고 널리 알려진 방식이기 때문에 이러한 방식을 제조 원가 계산에 이용하는 연구는 많이 이루어지고 있다. ABC를 이용하여 생산 공정에 범용적으로 적용이 가능한 제조 원가를 추정하는 모델에 대한 연구로는 Aderoba(1997)의 연구가 있다. Aderoba는 자신이 제안한 일반화된 원가 추정 모델(Generalized Cost Estimation Model)이 일반적인 Job-Shop에 적용이 가능하도록 활동 계층(Activity Class)를 네 가지(기계 중심 생산, 노동 집약적 생산, 기술적 서비스, 관리적 서비스)로 나누고 각 계층에 주로 해당하는 활동을 이용하여 모델을 구성하였다 또한 각 주요 활동의 추정 방법에 대해서도 수식적으로 자세히 설명하여 제안 모델의 적용 가능성을 높였다.

Aderoba의 연구와는 약간 다른 관점에서 Ong(1995)은 자신의 선행 연구(Ong, Lim, and Yeo, 1993)에서 적용한 ABC 방식과 단위 수준 원가(Unit-Level Cost), 배치 수준 원가(Batch-Level Cost), 그리고 제품 수준 원가(Product-Level Cost)로 이루어진 제조 원가 모델을 이용하여, 제품의 디자인 단계에서 적용이 가능한 특정 조립 공정(Printed Circuit Board)에 대한 원가 추정 모델을 개발하였다. 제안된 모델은 활동 원가에 대해서 활동 차트(Activity Chart)와 워크 시트, 원가 구성표(Cost Build-up Table)을 이용하여 상세하게 산출하였고, 작업 준비 시간, 공정 시간, 배치 사이즈, 단위 시간당 작업 교체 횟수와 같은 생산 시스템의 성능 요소들과 기계의 감가상각비, 운영비, 직접 노동비 등과 같은 요소들과 같은 여러 가지 제조 원가 요소들을 포함하고 있다. 이러한 Ong의 연구는 ABC를 기반으로 하여 생산 시스템의 여러 요소와 제조 원가의 여러 요소들을 포함한 좋은 연구이지만, 방대한 양의 원가 관련 데이터를 필요로 하며, 실제적인 생산에 대한 원가 산출과 실시간으로 변화하는 시스템의 상황을 반영하기는 어려운 단점이 있다. 또한 Aderoba의 연구와는 달리 특정 조립 공정을 기반으로 개발된 모델이기 때문에 일반적인 생산 시스템이나 다른 생산 공정에 적용하기 위해서는 새로운 연구가 필요하다.

Boons(1998)는 프로세스의 선 후행 관계 및 BOM 구조를 통한 생산량의 결정에 대한 행렬을 기반으로 한 프로세스 모델을 통해 복잡한 생산 시스템에 대한 원가 산출 모델을 개발하였다. Boons의 연구는 생산 공정의 프로세스를 중심으로 모델이 구성되었기 때문에 자세한 생산 스케줄과 생산 순서를 고려할 수 있다는 장점이 있으며, 기존의 ABC가 적용된 원가 산출 방식으로는 접근이 어려웠던 중장기 생산 계획과 통합된 원가 추정이 가능하다는 장점이 있다. 하지만, Boons의 연구에서는 제안된 모델에 ABC 방식을 적용하기 위한 개념적인 접근 방식만을 제안하고

있어서 ABC 모델과의 실제적인 통합에는 무리가 있다. 이러한 접근 방식은 계속적으로 연구가 이루어지고 있으며 최근에는 ABC 방식과 프로세스 모델이 제품 설계자에게 유용한 원가 정보를 제공한다는 연구(Tornberg, Jämsen, and Paranko, 2002)도 있었다.

공학적인 접근 방식을 통한 원가 분석에 대한 연구로는 Bloch와 Ranganathan(1992)의 연구가 있다. 이 연구는 프로세스의 정확성과 빠른 프로세스 시간이라는 트레이드 오프로 인하여 발생하는 기존의 원가 계산의 문제점을 지적하고 프로세스 기반의 원가 모델링(Process-Based Cost Modeling)이라는 방법론을 제안하였다. 다양한 제조 과정에서의 각 단계별 원자재의 투입과 원자재의 상태를 확률적으로 결정하는 FSA(Finite State Automata)라는 프로세스 모델을 통하여 제품의 상태를 예측하였다. 이것을 바탕으로 얻어진 정보를 이용하여 원가 모델에서 원가를 측정할 수 있는 모델을 제안하였다. 이러한 연구는 생산 프로세스의 정확한 분석이 원가 측정 모델에 반영되었다는 점과 여러 가지 제조 공정에 적용이 가능한 점에서 새로운 형식의 원가 측정 모델이라고 할 수 있다 또한 Dance, Floria, 그리고 Jimenez(1996)는 COO(Cost Of Ownership)를 일반적인 조립 공정에 적용한 연구를 하였다. COO는 대규모의 장비에 대한 투자의 효율성을 검증하기 위해 SEMATECH에서 개발된 원가 계산 방법론이지만, 산출량, 가동률, 그리고 수율과 같은 생산 시스템의 일반적인 성능 요소들이 원가 측정에 반영되기 때문에 생산 시스템의 성능과 원가의 관계를 연구하기에 좋은 방법론이다. 제안한 모델에서는 제품의 수율에 대해 고려하여 폐기에 의해 발생하는 원가의 증가를 모델에서 측정이 가능하게 하였다. 마지막으로 이러한 방법론이 제품의 검사에 적용되었을 때 생산 시스템의 성능과 원가에 미치는 장점에 대해서도 연구하였다.

특정한 제조 공정에 관한 원가 분석에 대한 연구로는 MOE(Modular Optimization Environment)라는 원가 측정 모델을 전자 시스템에 적용한 Scheffler, Ammann, Thiel, Habiger, 그리고 Tröster(1998)의 연구나 Chang(1997)의 반도체 웨이퍼 제조 공정에 대한 연구가 있다. Chang의 연구는 각 공정의 반복 방문 횟수가 많은 반도체 공정의 특징을 반영하기 위해 원가 측정 모델을 네 단계 수준(기계, 워크스테이션, 라우트, 공장 수준)으로 나누어서 제안하였고, 초기 투자비와 공간 사용비, 조립비, 경비, 유지비, 노무비 등을 포함한 원가 요소들과 각각의 라우트에 대한 사용률을 이용하여 반복 방문의 특징을 모델에 적용하였다. 또한 각 워크스테이션에 대해 작업 준비, 유휴, 고장 시간을 고려하여 기회비용을 산출하였다.

이러한 연구 외에도 실제적인 원가 산출 소프트웨어도 많이 개발되고 있다. Shehab와 Abdalla(2001, 2002)는 퍼지 로직, CAD, 그리고 지식기반 시스템을 이용하여 상세한 제

조 원가 산출 소프트웨어를 개발하였으며, Mohamed와 Celik (2002)은 지식 기반 시스템을 이용하여 디자인 대안에 대한 원가 추정과 스케줄링을 고려한 소프트웨어를 개발하였다.

제조 원가의 측정 및 분석과 관련하여 위와 같이 다양한 측면에서 여러 가지 접근 방식으로 많은 연구가 이루어지고 있지만, 일반적인 생산 공정에 대한 공학적인 접근 방식을 통하여 생산 시스템의 성능 요소를 포괄적으로 포함한 직접 원가 분석에 대한 연구는 전무하다.

본 논문에서 제안한 직접 원가 분석 모델은 전체 제조 원가 중에서 제조 간접비를 제외한 직접 노무비, 직접 재료비, 직접 경비로 이루어진 직접 원가에 대해서만 연구를 진행하였다. 다음 절에서는 제안된 직접 원가 분석 모델의 범위와 구성에 대해 상세히 설명하였다.

3. 직접 원가 분석 모델

본 연구에서 다루는 직접 원가 분석 모델의 범위와 성격은 다음과 같다. 일반적으로 제품의 판매가격은 총원가와 이윤으로 구성되며, 총원가는 제품의 실제적인 생산 비용인 제조 원가와 기타 비용(판매비, 일반관리비 등)으로 이루어져 있다. 제조 원가는 제품의 생산에 직접적으로 사용된 비용인 직접 원가와 회수되지 않는 기본적인 투자비용이나 시설의 유지 보수와 관련된 운영비용 등을 포함한 제조 간접비로 이루어진다(<Figure 1> 참조). 본 연구에서 제안한 원가 모델은 이러한 원가의 영역 중에서 직접 재료비, 직접 노무비, 그리고 직접 경비로 이루어진 직접 원가 부분만을 다룬다. 왜냐하면, 판매 이윤이나 간접비의 경우는 생산 시스템 자체의 운영에 대한 차원이 아니라 기업의 전략적이나 회계적인 차원의 문제인 경우가 더 많기 때문이다. 제안된 모델에서는 직접비와 관련된 원가 요소만을 상세히 다루므로써 생산 시스템의 성능 변화가 직접적으로 실제 생산 원가에 어떠한 영향을 미치는지 쉽게 알 수 있다.

일반적인 원가 분석 모델은 크게 원가 추정 모델과 원가 산출 모델로 나뉜다. 원가 추정 모델은 생산이 일어나기 전에 제품의 원가를 추정하는 모델이며 원가 산출 모델은 생산이 일어난 후 자원(원자재, 노동자, 기계 등)의 실제적인 사용률을 이용하여 원가를 결정하는 모델이다(Aderoba). 원가 추정 모델의 경우, 생산이 일어나기 전의 상황에서 제품의 원가를 추정해야 하기 때문에 기계의 고장이나 제품의 불량률, 작업자의 교체 및 변경, 실제적인 제품의 공정 시간과 같이 생산 시스템에서 확률적으로 발생하는 상황에 대한 고려가 불가능하므로 원가 추정 모델은 일반적으로 신제품의 세부적인 생산 공정 등을 고려하여 완제품으로 생산할 경우 제품의 디자인 단계에서 생산

원가를 추정하거나, 생산 계획 등과 맞물려 확률적인 상황을 배제한 상태에서 최적의 원가를 찾을 때 쓰인다 원가 산출 모델의 경우 생산이 일어난 후에 제품의 원가를 산출하는 모델이기 때문에 원가 추정 모델에 비해 많은 요소의 생산 시스템의 상황을 자세하게 원가 계산에 반영하여 정확한 제품의 원가를 계산해 낼 수 있다. 만약, 생산 전이나 실제 공정에 대한 데이터가 없을 경우에는 원가 산출 모델의 경우 시뮬레이션을 통한 분석을 한다 그러나 이러한 분석 방식은 생산 시스템의 상황에 대한 세부적인 실제 데이터가 많이 필요하므로 실제적인 적용에는 많은 무리가 있다(Scheffler, Ammann, Thiel, Habiger, and Tröster). 따라서, 본 연구에서는 실제적으로 생산에 소요되는 비용인 직접 노무비, 직접 재료비, 직접 경비로 이루어진 직접 원가 분석 모델을 제안하였고, 제안된 모델은 원가 산출 모델의 특성을 지니고 있으며, 생산 시스템의 기본적인 법칙인 리틀의 법칙에 응용이 가능하도록 세 가지 주요 성능 요소(공정 시간(CT), 산출량(TH), 재공(WIP))를 포함하고 있다. 그 외에도 생산 스케줄과 기계의 가동률, 수율, 기계의 고장 및 수리 등의 요소를 포함하고 있어서 정확한 직접 원가의 산출이 가능하도록 하였다.

본 연구에서 가정한 직접 원가는 각각의 단위 제품별로 측정이 가능하도록 하였다. 또한 적용되는 생산 시스템은 L개의 각 라인별로 일정한 수 $M_i(i = 1 \sim L)$ 개의 기계가 있고 각각의 기계에는 상이한 W_{ij} 명($i = 1 \sim L, j = 1 \sim M_i$)의 작업자가 있는 흐름 생산 공정에서 여러 종류의 제품이 생산되어지는 <Figure 2>와 같은 상황을 기본적으로 가정하였다.

전체 L개의 라인 중에서 특정 제품 G가 생산되는 라인 은 1개이며 각각의 제품의 공정 시간은 하루를 초과하지

못한다고 가정하였다. 이러한 가정은 제품의 공정 시간이 하루를 넘을 경우 직접 경비의 단위 시간을 초과하여 직접 경비를 측정하지 못하는 상황이 발생하기 때문이다 만약 제품의 공정 시간이 하루를 넘을 경우는 직접 경비의 단위 시간을 그 이상으로 조정하여 주면 된다. 공정 시간, 산출량, 기계 가동률, 수리율 등과 같은 생산 시스템의 기본적인 주요 성능 요소들은 측정이 가능하다고 가정하였다.

3.1 직접 재료비 분석 모델

직접 재료비 분석 모델은 다음과 같은 가정으로 이루어진다. 제품 G는 n개의 부분품(원자재)으로 구성되어지며 각각의 원자재 $p(p=1 \sim n)$ 는 일정하게 정해진 하루 단위의 재고 비용(hc_p)과 생산 공정 내에서의 시간당 재공 비용(wc_p)을 지니고 있다. 제품 G를 이루는 부분품의 구성 및 반복 횟수는 제품별 BOM에 의하여 산출이 가능하다. 제품 G를 이루는 부분품들을 구입한 시기의 전체 구입원가와 주문비용을 합하여 전체 주문량으로 나누어 준 값, 생산 시기까지의 재고 유지비용, 그리고 생산되어지는 동안의 재공 비용을 더한 후 각 부분품 별 반복 횟수를 곱해 주면 제품 G 하나의 전체 직접 재료비를 산출해낼 수 있다. 즉 직접 재료비는 생산 전의 재료비와 생산중인 재료비의 합이라고 할 수 있다.

다음 식 (1)은 직접 재료비의 측정 모델을 나타낸다.

제품 G의 직접 재료비 =

$$\sum_{p=1}^n re_p \left[hc_p (md - pd_p) + \left(\frac{C_{pd_p} + S_{pd_p}}{Q_{pd_p}} \right) + wc_p \cdot \overline{CT} \cdot WIP_p \right] \quad (1)$$

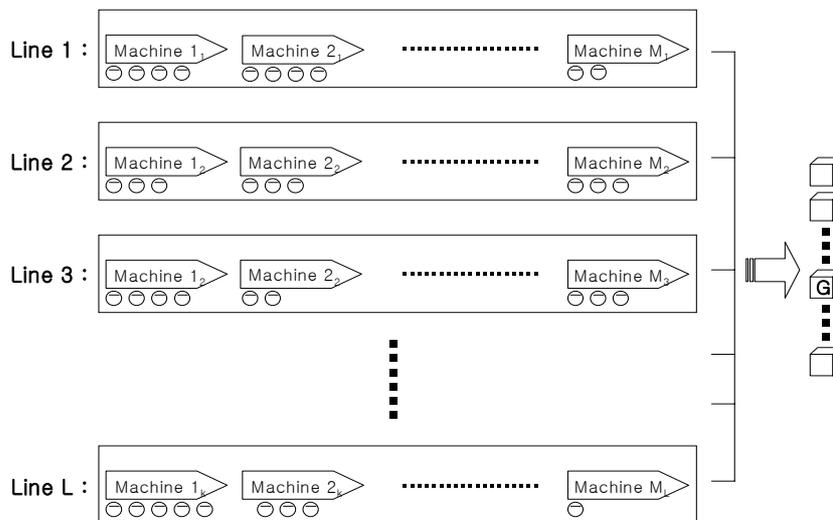


Figure 2. Example of assumed manufacturing system.

- n : 제품 G 의 부분품의 개수
- re_p : 제품 G 의 제조에 부분품 p 의 반복 횟수
- md : 제품 G 의 제조 일자
- hc_p : 부분품 p 의 하루 단위의 재고 비용
- wc_p : 부분품 p 의 시간 당 재공 비용
- pd_i : 부분품 p 의 구입 날짜
- C_{pdp} : 부분품 p 의 구입 날짜에서 부분품 p 의 전체 주문량에 대한 구입 비용
- S_{pdp} : 부분품 p 의 구입 날짜에서 주문시 주문 비용
- Q_{pdp} : 부분품 p 의 구입 날짜에서의 주문량
- \overline{CT} : 제품 G 의 평균 공정 시간
- WIP_p : 부분품 p 의 재공

위 식은 제품의 제조에 들어가는 모든 부분품을 고려한 것이며 또한 모든 부분품의 원가만을 고려한 것이 아니라 부분품을 구입한 시기를 기준으로 제품의 제조가 직접적으로 이루어지는 시기까지 부분품을 재고로써 가지고 있었던 재고 비용 및 생산되어지는 동안의 재공 비용을 고려하고 있다. 따라서 원자재를 싸게 구입하거나, 동일한 가격으로 구입하였다 하더라도 재고로써 장기간 보관하지 않고 원자재의 구입이 이루어진 후 최대한 빠른 시간 내에 제조가 이루어 질 경우, 적은 양의 재공으로 제품의 생산이 빠르게 이루어질 경우 제품의 직접 재료비는 감소하게 된다. 또한, 주문량(Q), 재고 비용(H), 주문 비용(S), 구입 비용(C) 등이 모델에 반영되었기 때문에 EOQ, EPL, 혹은 (Q,r)과 같은 재고 정책 모델들과의 연관관계를 설정하여 경제적 주문량을 통한 최적의 직접 재료비를 결정할 수 있다. 직접 재료비 분석 모델은 생산 시스템의 주요 성능 요소 중 공정 시간과 재공을 고려하였지만, 실제적으로는 공정 시간은 평균값을 이용하였기 때문에 재공을 중심으로 모델링되었다고 할 수 있다.

3.2 직접 노무비 분석 모델

직접 노무비 분석 모델은 다음과 같은 가정으로 이루어진다. 제품 G 는 l 개의 라인에서 일정한 수가 생산되어지며 각각의 라인에는 일정한 수 W_{ij} 명의 작업자로 이루어진 M_i 개의 기계가 있다. 각 라인에 있는 각 기계당 배치되어 있는 각 작업자 k 는 작업자별로 자기 다른 단위 기간(한달) 동안의 임금(w_{mijk})이 정해져 있으며 또한 각 작업자는 단위 시간 동안 상이한 총 작업 시간(w_{tijk})을 지낸다. 또한 각 제품 G 는 각 라인별로 상이한 각각의 공정 시간(CT_i)을 가지고 있으며, 이것은 측정이 가능하다. 제품 G 가 생산되어지는 각각의 라인별로 배치되어 있는 각각의 기계의 전체 작업자를 선택하고 선택된 작업자들의 단위 기간 당 임금을 총 작업 시간으로 나누어서 각 라인의 시간 당 노무비를 구한다. 이렇게 구한 시간당 노무비에 제품 G 가

생산되어지는 각 라인의 제품 G 의 공정 시간을 곱하여 주면 제품 G 의 직접 노무비를 산출할 수 있다.

다음 식 (2)는 직접 노무비의 측정 모델을 나타낸다.

제품 G 의 직접 노무비 =

$$\sum_{i=1}^l CT_i \left[\sum_{j=1}^{M_i} \sum_{k=1}^{W_{ij}} \left(\frac{CT_{ijk}}{CT_i} \times \frac{wm_{ijk}}{wt_{ijk}} \right) \right] \quad (2)$$

- l : 제품 G 가 생산되는 라인의 개수
- M_i : 라인 i 에 포함되어 있는 기계의 개수
- W_{ij} : 라인 i 의 기계 j 에 포함되어 있는 전체 작업자의 수
- w_{mijk} : 라인 i 의 기계 j 의 k 번째 작업자의 단위 기간당 임금
- w_{tijk} : 라인 i 의 기계 j 의 k 번째 작업자의 단위 기간당 총 작업 시간
- CT_i : 라인 i 에서 제품 G 의 공정 시간
- CT_{ijk} : 라인 i 의 기계 j 의 k 번째 작업자가 포함된 제품 G 에 대한 공정에서의 공정 시간

위 식은 전체 생산 라인에서 제품이 생산되어질 때 단순히 작업자의 노동 시간만을 고려한 것이 아니라 제품의 공정 시간을 고려한 것이기 때문에 각각의 제품별로 작업자의 작업량에 따른 직접 노무비를 배분할 수 있는 장점이 있다. 제품의 공정별 공정 시간을 따로 구한 것은 각각의 공정에 얼마만큼의 작업자가 포함되어 있는가를 고려해 주어야 동일한 공정으로 동일한 제품을 생산할 때 많은 양의 작업자가 적은 양의 전체 공정 시간을 가지고 작업하는 것과 적은 양의 작업자가 많은 양의 전체 공정 시간을 가지고 작업하는 것에 대해 정확한 고려가 가능하기 때문이다. 이것은 일반적으로 직접 노무비의 원가 계산에 적용되는 연공수의 개념과 일치한다. 또한 동일한 제품이라 하더라도 라인별로 생산되어지는 공정 시간이 다를 경우에도 각각의 라인별로 제조 원가의 측정이 가능하기 때문에 정확한 원가 측정이 가능하다. 단위 시간당 임금이 작은 소수의 작업자가 짧은 공정 시간으로 단위 시간당 많은 양의 제품을 생산할 경우 제품의 직접 노무비는 감소하게 된다.

3.3 직접 경비 분석 모델

직접 경비 측정 모델은 다음과 같은 가정으로 이루어진다. 라인과 기계에 대한 기본 가정은 동일하며 각각의 기계는 정해진 가동 비용(oc_{ij})과 수리 비용(rc_{ij})을 지니고 있다. 또한 각각의 제품은 제품별로 정해진 라인 단위의 초기 준비 비용(sc_i)이 있으며, 생산 스케줄에 의해 제품별로 정해진 라인 단위의 초기 준비의 발생 빈도(s_i)가 있다. 제품 G 의 각 라인에서 기계의 가동률(u_{ij}) 및 수리율(r_{ij}), 그

리고 각 라인에서 단위 시간(하루)당 산출량(TH_i)은 측정이 가능한 요소로 가정하였다. 제품 G 가 생산되는 전체 라인을 l 이라고 하면 각 라인에 포함되어 있는 전체 기계의 가동률과 수리율 각각에 상응하는 비용(가동률의 경우 가동 비용, 수리율의 경우 수리 비용)을 이용하여 전체 비용을 구한다. 여기에 라인 단위로 구성되어 있는 초기 준비의 횟수와 초기 준비 비용을 더해주고 이렇게 구한 전체 직접 경비를 각 라인에서 제품 G 의 산출량으로 나누어주면 계산된 전체 직접 경비는 제품 G 의 단위 개수에 대하여 각각 분배되게 된다.

다음 식 (3)은 직접 경비의 측정 모델을 나타낸다.

$$\text{제품 } G \text{의 직접 경비} = \sum_{i=1}^l \left[\frac{\sum_{j=1}^{M_i} (u_{ij} \times oc_{ij} + r_{ij} \times rc_{ij}) + s_i \times sc_i}{TH_i} \right] \quad (3)$$

- l : 제품 G 가 생산되는 라인의 개수
- M_i : 라인 i 에 포함되어 있는 기계의 개수
- u_{ij} : 라인 i 에서 기계 j 의 단위 시간당 가동률
- oc_{ij} : 라인 i 에서 기계 j 의 가동 비용
- r_{ij} : 라인 i 에서 기계 j 의 단위 시간당 수리가 일어나는 횟수
- rc_{ij} : 라인 i 에서 기계 j 의 수리 비용
- s_i : 라인 i 의 단위 시간당 제품 G 에 의해 초기 준비가 일어나는 횟수
- sc_i : 라인 i 의 초기 준비 비용
- TH_i : 라인 i 에서 제품 G 의 단위 시간당 전체 생산량

위 식은 제품이 생산되는 각 라인별로 직접적으로 소비되는 경비를 측정하는 것이기 때문에 제품에 따른 정확한 직접 경비의 산출이 가능하다. 즉 각 기계의 가동률과 수리, 초기 준비가 제품과 제품이 생산되는 라인에 따라서 개별적으로 산출되기 때문에 각 라인의 변화나 단위 제품의 차이에 따른 원가의 변화를 분석할 수 있다. 위 식에 의하면 제품의 생산에 의한 기계의 가동률과 가동 비용이 적고 기계 자체의 고장이 적게 일어나며 고장이 일어났을 경우 수리 비용이 적게 들어가는 경우, 그리고 제품별 초기 준비가 적게 일어나면서 생산량이 많을 경우 직접 경비는 작아지는 것을 알 수 있다. 그러나 제품에 의한 기계의 가동률이 작으면 그만큼 산출량이 감소할 가능성이 크기 때문에 현실적으로 위의 조건 중 가동률에 대한 상황을 만족시키는 경우는 거의 발생하지 않는다.

라인이 새로 초기 준비를 하거나 기계가 고장나서 작업이 이루어지지 않을 경우 생기는 기회 비용을 따로 고려하지 않고 기회 비용과 관련된 요소들(초기 준비, 수리)을 직접 경비에서 고려하였다. 즉 기계가 고장나서 작업이 일

어나지 않을 경우 직접적인 비용이 들어가지 않는 것으로 가정하였기 때문에 위와 같은 식이 유도되었다.

3.4 최종 직접 원가 분석 모델

앞에서 제시된 직접 재료비, 직접 노무비, 직접 경비 분석 모델들에 대한 식(1), (2), (3)을 이용하여 전체 생산 시스템의 제품별 직접 원가를 구할 수 있다. 제품별 직접 원가는 제품별 수율을 이용하여, 즉 불량품의 발생에 따른 기회 비용에 대한 부분을 직접 원가에 첨가하여 다음과 같은 식 (4)로 표현된다. 수율을 직접 원가에서만 고려한 이유는 불량품의 발생으로 인하여 손실되는 기회 비용이 단지 직접 원가에만 영향을 미친다고 가정하였기 때문이다.

$$\begin{aligned} & \text{제품 } G \text{의 최종 직접 원가} \\ &= [1 + (1 - Y_H)] [\text{제품 } G \text{의 직접 원가}] \\ &= [1 + (1 - Y_H)] [\text{제품 } G \text{의 직접 재료비(1)} \\ & \quad + \text{제품 } G \text{의 직접 노무비(2)} + \text{제품 } G \text{의 직접 경비(3)}] \end{aligned} \quad (4)$$

Y_H : 제품 H 의 수율(Yield)

3.5 직접 원가 분석 모델의 의의

본 논문에서 제안한 직접 재료비, 직접 노무비, 직접 경비로 이루어진 최종 직접 원가 분석 모델은 제품의 수율을 고려하여 제품의 불량률에 대한 부분을 제품의 직접 원가에 첨가하였다. 앞에서 언급하였듯, 제안된 모델은 원가 산출 모델의 특성을 지니고 있기 때문에 관련된 원가 정보에 대한 수집의 어려움이 없다면 정확한 원가를 분석해 낼 수 있다. 이러한 부분은 실제 생산 공정에 적용될 경우 장점으로 작용하지만, 다음 장에서 이루어지는 사례 연구와 같은 경우, 원가 정보의 신뢰성이라는 측면과 함께 정보 수집의 어려움으로 인하여 모든 모델에 적용하기 어려운 단점을 지니고 있다.

4. 사례 연구

본 논문의 사례 연구에서는 직접 원가 측정 모델 중 직접 노무비 측정 모델에 대한 부분만을 수행하였다. 직접 재료비와 직접 경비에 대하여 적용하지 못한 이유는 직접 재료비의 경우는 각각의 부분품의 입고 현황과 주문비 및 재고 비용, 직접 경비의 경우는 초기 준비 비용과 수리 비용, 각 기계의 가동률과 같이 현재 조사되어 있지 않은 많은 양의 자료를 직접 조사해야 하는 번거로움이 있기 때문이다. 그러나, 직접 노무비의 경우는 1995년에 회계적인 원가 계산을 위하여 조사해 놓은 직접 노무비에 대한 자

료가 존재하고 ‘에스텔정’이라는 제품의 공정 시간과 각 공정에서 작업중인 작업자들의 직접 노무비만을 측정하면 본 논문에서 제안된 모델에 적용하기 쉬운 이점이 있다.

입되는 인원에 대한 실적임률(Table 2, Table 3, Table 4 참조)을 곱하여 직접 노무비를 산출하였다(Table 5 참조).

4.1 회계적 방법에 의한 직접 노무비의 측정

본 논문에서 제시한 사례 연구는 1995년 한국생산성 본부에서 조사한 **약품(주)의 ‘에스텔정(가명)’이라는 제품에 대한 제품추정원가계산 보고서에 근거를 두고 있다. 1995년도 현재 기준으로 **약품(주)에서 생산 및 시판 예정인 에스텔정(60정=1카톤)의 추정원가를 1995년도 경영실적을 기준으로 기업회계기준에 따라 계산한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1의 원가조사는 조사대상품목에 대하여 ‘원/60정’으로 계산하였으며, 기업회계기준에 따라 본사와 공장을 현장 방문하여 제반 증빙자료를 확인, 대조하고 비교 검증하였으며, **약품(주)의 생산실적 및 판매실적, 시설행황을 참조하여 1995년도 제품단위당 추정원가를 재료비, 노무비, 제조경비, 판매비 및 일반 관리비, 영업 외 비용 및 적정 이윤으로 구분하여 계산하였다.

1995년 현재 회계적인 방법으로 계산된 직접 노무비는 다음과 같은 과정으로 산출되었다. 각 공정별(Figure 3 참조)로 표준배치인원과 표준투입공수에 따른 연공수를 산출하고 이를 제품의 기준생산량(1,625카톤)으로 나누어 기준생산량당 노무공 수원단위(0.09)를 구하고, 이에 각 공정에 직접 투

Table 1. Cost matrix(per 60units)

	Won(₩)	Percentage
Material Cost	₩8,248.83	38.94%
Major Material Cost	₩6,304.18	29.63%
Packing Material Cost	₩1,980.65	9.31%
Labor Cost	₩1,083.68	5.09%
Direct Labor Cost	₩526.51	2.47%
Indirect Labor Cost	₩557.17	2.62%
Overhead Cost	₩1,674.47	7.87%
Sub Total	₩11,042.97	51.91%
Marketing & Management Cost	₩8,963.61	42.14%
Other Cost	₩394.33	1.85%
Other Revenue	₩1,118.65	5.26%
Other Expenditure	₩1,512.98	7.11%
Total Cost	₩20,400.91	95.90%
Marginal Profit	₩872.62	4.10%
Marginal Price	₩21,273.53	100.00%

Table 2. Total labor times(direct part)

Month	Production 1 Team		Production 2 Team		Composition Team		Total	
	Labor	Time(hr)	Labor	Time(hr)	Labor	Time(hr)	Labor	Time(hr)
1	89	13,715	105	16,104	13	2,626	207	32,445
2	82	11,264	103	14,111	13	2,418	198	27,793
3	81	14,404	106	18,794	13	2,938	200	36,136
4	86	14,017	103	16,610	13	2,570	202	33,197
5	90	14,601	109	17,543	13	2,570	212	34,714
6	90	15,228	106	17,909	13	2,834	209	35,971
7	87	14,717	105	17,743	13	2,834	205	35,294
8	87	13,385	102	15,631	13	2,626	202	31,642
9	86	13,254	103	15,756	13	2,626	202	31,636
10	92	14,875	102	16,444	13	2,730	207	34,049
11	91	16,187	101	17,910	13	2,938	205	37,035
12	86	15,396	100	16,938	13	2,834	199	35,168
Total	1,047	171,043	1,245	201,493	156	32,544	2448	405,080

Table 3. Total labor cost(direct part)

	Production 1 Team	Production 2 Team	Composition Team	Total
Month	Direct Labor Cost(₩)	Direct Labor Cost(₩)	Direct Labor Cost(₩)	Direct Labor Cost(₩)
1	46,090,000	65,317,000	11,628,000	123,035,000
2	43,468,000	62,441,000	11,618,000	117,527,000
3	46,722,000	63,385,000	12,039,000	122,146,000
4	50,808,000	65,203,000	12,131,000	128,142,000
5	47,010,000	64,682,000	11,817,000	123,509,000
6	66,466,000	61,483,000	15,201,000	143,150,000
7	58,164,000	69,835,000	13,709,000	141,708,000
8	57,315,000	67,622,000	13,448,000	138,385,000
9	57,758,000	65,971,000	13,445,000	137,174,000
10	69,385,000	64,209,000	13,267,000	146,861,000
11	61,376,000	65,399,000	13,675,000	140,450,000
12	52,458,000	64,395,000	13,061,000	129,914,000
Bonus	235,335,000	258,200,000	57,794,000	551,329,000
For Retirement	89,235,500	103,814,200	21,283,300	214,333,000
Total	981,590,500	1,141,956,200	234,116,300	2,357,663,000

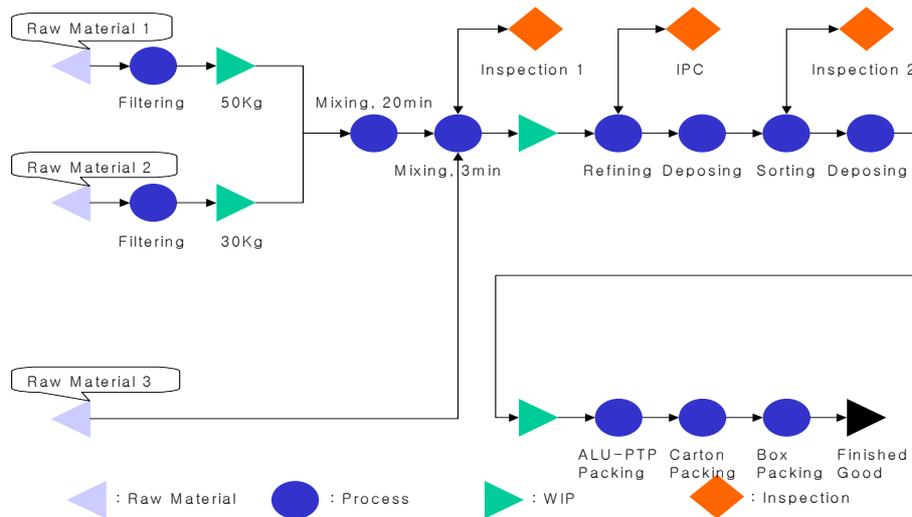


Figure 3. Manufacturing process.

Table 4. Direct labor cost.

Total Direct Labor Cost(₩)	Total Direct Labor Times(hr)	Direct Labor Cost(₩/hr)
2,357,663,000	405,080	5,820.24

Table 5. Direct labor cost matrix.

Process Name	Labor	Time	Total Time
Material Handling	2	0.50	1
Filtering(2)	2	4	8
Mixing(2)	1	1	1
Refining	2	8	16
Deposing(2)	1	4	4
Sorting	4	3	12
ALU-PTP Packing	3	6	18
Carton Packing	9	8	72
Box Packing	1	8	8
Printing	1	3	3
Manual Inserting	1	1	1
F.G. Handling	1	1	1
IPC	1	2	2
Total	29	49.50	147

4.2 2002년 현재의 회계적 방법에 의한 직접 노무비의 측정

2002년 현재의 공정 시간을 측정하기 위하여 경기도 용인에 있는 **약품(주)에 현장 방문하여 조사한 결과 전체 공정의 작업 인원은 15명, 공정 시간은 124.40시간으로 측정되었다. 연공수는 226.40시간으로 계산되었고, 기준생산량은 100정 기준으로 6,000카톤(600,000정)이 측정되었다. 그러나, 1995년 자료와의 비교를 위하여 기준생산량은 60정 기준 10,000카톤(600,000정)으로 변환하였다. 각 부분별로 비교해보면 작업 인원은 29명에서 15명으로 51.72%가 감소하였고, 공정 시간은 49.50시간에서 124.40시간으로 151.31%가 증가하였다. 하지만 전체적인 생산량이 1,625카톤에서 10,000카톤으로 515.38%가 증가하였다(노무공수원단위의 변화 : 0.09 ⇒ 0.02). 따라서 전체적인 생산 시스템의 성능은 향상되었다는 추정이 가능하다. 이러한 추정은 본 논문에서 제안된 직접 노무비 측정 모델을 통하여 더욱 정확하게 원가라는 수치로 정량화가 가능하다. 각 공정의 작업 인원내 대한 직접 노무비 지급액은 담당자와의 면담을 통하여 직접적으로 조사하였고, 지난 7년간의 전체적인 직접 노무비의 인상률은 회계자료의 대조결과 연간 약

5%정도의 인상으로 인하여 지난 7년간의 전체 직접 노무비의 인상률은 38%로 추정되었다. 전체 작업자의 작업시간은 1995년과 2002년 현재의 작업 시간에 대한 기준이 동일하였기 때문에 작업시간은 1995년의 회계자료를 그대로 이용하였다. 전체 공정의 경우 생산량과 작업의 능률을 향상시키기 위하여 1995년에 비교하여 약간의 축소와 조정이 있었다.

먼저 2002년 현재 기준으로 '에스텔정'의 회계적인 직접 노무비를 계산하면 다음과 같다. 전체적인 자료는 1995년의 자료와 동일하고, 공정에 대한 변화와 변화한 각 공정별 배치인원 및 공수는 Table 6과 같이 조사되었다. 또한, 직접 노무비 지급실적은 1995년 직접 노무비 총액에 지난 7년간 직접 노무비의 인상률(38%)을 적용하였다.

Table 6. Direct labor cost matrix(2002)

Process Name	Labor	Time	Total Time
Material Handling	2	0.50	1
Mixing	1	6	6
Refining	1	18.90	18.90
Shelling	1	28.50	28.50
Sorting	2	2.50	5
ALU-PTP Packing	2	42	84
Second Packing	4	19	76
Printing	1	5	5
IPC	1	2	2
Total	15	124.40	226.40

회계적인 원가계산에 의하면 2002년의 직접 노무비는 1995년도의 직접 노무비에 비해 약 526.51원/카톤에서 약 181.84원/카톤으로 약 65.50% 감소하였다. 이것은 실제적으로 생산 시스템의 성능이 어느 정도 향상되었다는 것을 나타낸다. 현재 **약품(주)의 현장에서는 모든 제품의 생산 공정 개선을 통해 공정 시간이 감소할 때 제조 원가는 1.50원/초의 직접 노무비가 감소되는 것으로 추정한다. 즉, 생산현장에서는 초당 1.50원의 직접 노무비가 소요되는 것으로 파악하고 있다. 이러한 방식으로 현재 2002년 기준으로 **약품(주)의 생산 현장에서 파악하고 있는 '에스텔정'의 단위 제품당 직접 노무비는 약 122.26원/카톤([1.50원/초*60초/분*60분/시간*226.40시간]/10,000카톤)이다.

Table 7. Direct labor cost(2002)

Total Direct Labor Cost(₩)	Total Direct Labor Times(hr)	Direct Labor Cost(₩/hr)
3,253,574,940	405,080	8,031.93

4.3 제안된 모델에 의한 직접 노무비의 측정

3장에서 제안된 직접 노무비 측정 모델에 의한 ‘에스텔정’의 직접 노무비 산출 방식은 다음과 같다. 먼저 하나의 라인에서 생산되어지는 제품이기에 때문에 직접 노무비 측정 모델에서의 적용은 단일 라인으로 하였다. 라인이 특별히 기계를 중심으로 이루어진 것이 아니기 때문에 각 기계와 기계에 할당된 작업자를 각각 기계별로 측정할 필요는 없지만, 전체 작업자를 모두 산출하는 의미에서 기계별 배정된 작업자에 대한 산출은 원래 모델에 있는 부분을 그대로 적용하였다. 각 공정별로 배치된 작업자의 시간당 노무비와 공정별 공정 시간은 Table 8에 나와 있다. 작업자는 생산 1팀, 생산 2팀, 합성팀으로 이루어지며 합성팀은 원료 청량과 혼합 공정에서 작업하며, 생산 1팀과 생산 2팀은 나머지 공정에서 작업한다. 생산팀의 경우 특별한 일이 없으면 한달에 27일을 근무하고 하루에 8시간 작업을 기준으로 하여 시간당 직접 노무비를 산출하였고, 합성팀의 경우 한 달에 27일 근무하고 하루에 기본 8시간의 작업과 초과작업 2시간을 기준으로 하여 시간당 직접 노무비를 산출하였다. 생산팀과 합성팀의 2000년 현재의 시간당 직접 노무비는 다음과 같은 방식으로 산출되었다.

- 생산팀 직접 노무비=기본급+상여금(기본급의 600%)
= 700,000원+350,000원=1,050,000원
- 생산팀 시간당 직접 노무비=1,050,000원/27일/8시간
=4,861원/시간
- 합성팀 직접 노무비=기본급+상여금(기본급의 600%+초과 수당 270,000원)=1,000,000원+770,000원
=1,770,000원
- 합성팀 시간당 직접 노무비=1,770,000원/27일/10시간
=6,556원/시간

‘에스텔정’의 직접 노무비를 산출하기 위한 직접 노무비 측정 모델은 다음 식 (5)와 같다.

$$CT \left[\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{W_j} \left(\frac{CT_{jk}}{CT} \times \frac{wm_{jk}}{wt_{jk}} \right) \right] \tag{5}$$

이러한 방식으로 계산되어진 ‘에스텔정’ 10,000카톤의 직접 노무비는 1,112,395.40원이다. 이것은 10,000카톤을 기준으로 산출되어진 값이기 때문에 1카톤을 기준으로 바꾸면 111.24원으로 환산되어진다.

4.4 결과 분석

‘에스텔정’ 1카톤(60정)의 회계상 직접 노무비는 181.84원이고 제안된 모델에 의해 산출된 직접 노무비는 111.24원이다. 두 가지 원가 중 어느 것이 더 정확하게 제품의 직접 노무비를 반영하고 있다고 단언하기에는 약간의 무리가 있으나 생산 현장에서 파악하고 있는 제품의 직접 노무비가 122.26원임을 감안하면 제안된 모델에 의해 산출된 직접 노무비가 훨씬 더 정확하게 원가를 반영하고 있다고 말할 수 있다. 생산 현장에서 파악하고 있는 직접 노무비에 비하여 제안된 모델에 의하여 산출된 직접 노무비는 약 9% 정도의 차이로 작게 측정되었으나, 회계상의 직접 노무비는 생산 현장에서 파악하고 있는 직접 노무비에 비해 약 63% 정도 크게 측정되었다. 그 이유는 다음과 같다.

첫째, 제안된 모델에 의해 산출된 직접 노무비는 각 공정에서 작업하고 있는 작업자의 실제 임금과 초과 작업에 따른 초과 임금의 지급분을 그대로 모델에 반영하였다. 또한 실제로 작업을 한 날을 다른 직접 노무비 측정 방법들에 비하여 정확하게 반영하였다. 그러나, 생산 현장에서는

Table 8. Real data for direct labor cost

Process Name	Labor (A)	Times (B=CT _{jk})	Direct Labor Cost per Process(₩ / hr) (C=wm _{jk} / wt _{jk})
Material Handling	2	0.50	6,556
Mixing	1	6	6,556
Refining	1	18.90	4,861
Shelling	1	28.50	4,861
Sorting	2	2.5	4,861
ALU-PTP Packing	2	42	4,861
Second Packing	4	19	4,861
Printing	1	5	4,861
IPC	1	2	4,861
Total	15	124.40(=CT)	Total Direct Labor Cost(10,000carton) =₩1,112,395.40

평균 5,400원/시간의 임금으로 작업자의 임금을 반영하였고, 회계적인 방법에서는 7,333.5원/시간으로 작업자의 임금을 반영하였다. 생산 현장에서 평균 5,400원/시간으로 작업자의 임금을 반영한 이유는 모든 생산 공정에서 작업하고 있는 전체 작업자의 임금을 평균적(1,050,000[생산팀의 기본급+상여금 600%] * 0.92[전체 작업자 중 생산팀이 차지하는 비율]+1,500,000[합성팀의 기본급+상여금 600%] * 0.08[전체 작업자 중 합성팀이 차지하는 비율]=1,086,000 [전체 작업자의 한 달간 평균 임금])으로 구하고, 이것을 다시 생산 현장에서 파악하고 있는 전체 작업 시간 (1,086,000/30[한 달간 작업 일수]/8[하루당 작업 시간]/60 [시간/분]/60[분/초]=1.26[원/초])으로 환산한 다음 이 값에 작업자에게 들어가는 부대 비용(숙식비, 기타 잡비 등)을 약 20% 정도로 추정(1.26*1.2≒1.5)하였기 때문이다. 회계적인 방법에서 작업자의 시간당 임금을 7333.5원/시간으로 반영한 이유는 1년간 전체 작업자의 모든 임금을 더한 후 여기에 퇴직급여충당금으로 10%를 추가한 것이 전체 노무비 지급 실적(3,253,574,940원)으로 반영되고, 이러한 전체 노무비를 1년간 모든 작업자들이 작업한 전체 작업시간(405,080시간)으로 나누어주었기 때문이다. 이러한 차이는 각 공정에서 작업하는 작업자의 작업 시간과도 많은 연관관계를 지니기 때문에 각 공정에 배치된 작업자의 차이로 인하여 직접 노무비의 차이를 가져오게 된다(Figure 4 참조).

둘째, 전체 작업 시간에 대한 개념의 차이가 있다. 제안된 모델에서는 각 공정별로 작업 시간을 구하여 공정에 포함된 작업자의 실제 임금을 각각의 작업 시간에 곱하여 전체 직접 노무비를 측정하였다. 그러나 회계적인 방법과 생산 현장에서는 작업자의 임금을 각 공정별로 파악하고 있지 않기 때문에 ‘에스텔정’의 전체 작업 시간에 시간당 평균 임금을 곱하여 전체 직접 노무비를 산출하였다.

이러한 두 가지 차이점으로 인하여 다음과 같은 분석이 가능하다.

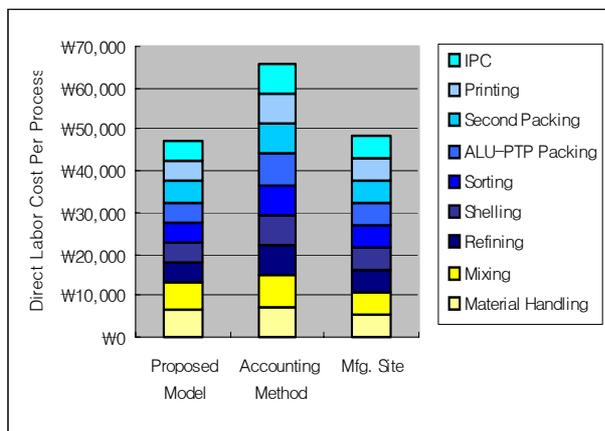


Figure 4. Graph for direct labor cost per process.

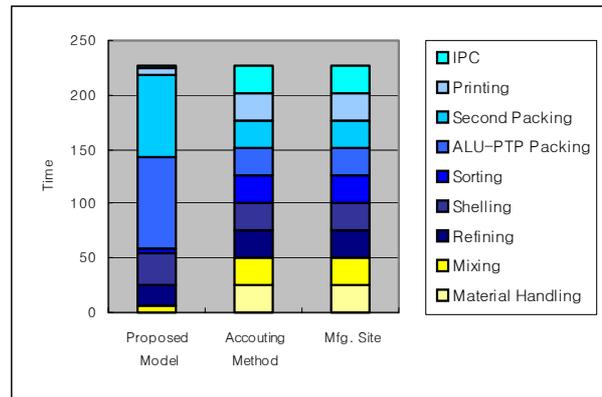


Figure 5. Graph for direct labor time per process.

생산 현장에서는 작업자에 대한 부대비용으로 실제 임금보다 약 20% 정도 많은 양으로 작업자의 임금을 파악하고 있으나, 제안된 모델에서는 실제로 생산에 들어가는 작업자들의 정확한 임금을 측정하여 직접 노무비를 산출하였다. 부대비용으로 들어가는 20%를 제외하고 생산 현장에서 파악하고 있는 작업자의 임금으로 직접 노무비를 측정할 경우 직접 노무비는 약 102원 정도가 산출된다. 그러나, 이것보다 제안된 모델에서 측정된 직접 노무비가 더 크게 나온 이유는 제안된 모델에서는 초과 작업 수당을 포함시켰기 때문이다. 또한 생산 현장에서는 한 달의 작업 일을 30일로 파악하고 있는 반면에 제안된 모델에서는 실제로 작업을 하는 27일로 파악하고 있기 때문이기도 하다.

또한 많은 양의 임금이 들어가는 합성팀이 생산 공정에서는 약 8% 정도 작업하는 것으로 파악하고 있으나 실제로 ‘에스텔정’이라는 제품의 생산 공정에서는 약 3% 밖에 작업을 하지 않기 때문에 생산 현장에서 파악하고 있는 직접 노무비보다 작은 값이 나왔다. 만약 작업 시간과 작업자가 많은 2차 포장 공정을 합성팀이 작업할 경우, 직접 노무비는 122.90원으로 생산 현장에 파악하고 있는 값과 거의 유사하게 측정된다.

다음과 같은 두 가지 분석으로 인하여 제안된 모델이 실제 생산 공정의 변화를 정확하게 제조 원가에 반영할 수 있다는 것을 알 수 있다. 예를 들어 합성팀이 작업하는 원래 제조 공정인 원료 청량과 혼합을 생산팀이 작업하고 ALU-PTP 공정을 생산팀이 아닌 합성팀이 작업할 경우, 생산 현장에서 파악하고 있는 제조 원가의 산출 방법이나 회계적인 제조 원가 산출 방법으로는 시간당 직접 노무비의 변화가 없기 때문에 제조 원가의 변화를 파악할 수 없다. 그러나 제안된 모델에 의하면 111.24원에서 124.29원으로 증가하는 것을 파악해낼 수 있다(Table 9 참조). 이러한 변화는 시간당 임금이 높은 합성팀의 작업 시간이 증가하면 전체 제조 원가는 당연히 증가해야하기 때문에 정확하게 실제 생산 공정을 반영한 제조 원가의 산출이라고 볼 수 있다. 또한, 혼합 공정이 12시간 증가하고 제피 공정이

Table 12. Direct Labor Cost with Changed Labor Position

Process Name	Labor (A)	Times (B=CT _{jk})	Direct Labor Cost per Process(₩/hr) (C=wm _{jk} / wt _{jk})
Material Handling	2	0.50	4,861
Mixing	1	6	4,861
Refining	1	18.90	4,861
Shelling	1	28.50	4,861
Sorting	2	2.5	4,861
ALU-PTP Packing	2	42	6,556
Second Packing	4	19	4,861
Printing	1	5	4,861
IPC	1	2	4,861
Total	15	124.40 (=CT)	Total Direct Labor Cost(10,000carton) =₩1,242,910.40

Table 13. Direct Labor Cost with Changed Labor Times

Process Name	Labor (A)	Times (B=CT _{jk})	Direct Labor Cost per Process(₩/hr) (C=wm _{jk} / wt _{jk})
Material Handling	2	0.50	6,556
Mixing	1	18	6,556
Refining	1	18.90	4,861
Shelling	1	16.50	4,861
Sorting	2	2.5	4,861
ALU-PTP Packing	2	42	4,861
Second Packing	4	19	4,861
Printing	1	5	4,861
IPC	1	2	4,861
Total	15	124.40 (=CT)	Total Direct Labor Cost(10,000carton) =₩1,132,735.40

12시간 감소하여 생산 공정의 변화가 생길 경우, 생산 현장에서 파악하고 있는 제조 원가의 산출 방법이나 회계적인 제조 원가 산출 방법으로는 전체 연공수나 공정 시간의 변화가 없기 때문에 제조 원가의 변화를 파악할 수 없다. 그러나 제안된 모델에 의하면 111.24원에서 113.27원으로 증가하는 것을 파악해낼 수 있다(Table 10 참조). 앞서서와 마찬가지로 이유로 인하여 시간당 임금이 높은 합성칩

이 작업하는 공정(혼합) 작업 시간이 증가하고 시간당 임금이 낮은 생산칩이 작업하는 공정(제외) 작업 시간이 감소하면, 전체적인 공정 시간이 동일하게 유지되어도 제조 원가는 상승하게 된다. 이러한 점도 제안된 모델이 실제 생산 공정을 정확하게 반영한 제조 원가 산출의 근거라 볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 지금까지 이루어진 회계적인 원가 측정 방법이 아닌 공학적인 접근방법을 통하여 생산 시스템에서 제품 제조 원가의 정확한 측정이 가능한 제조 원가 측정 모델을 제안하고 이러한 모델을 통하여 생산 시스템의 변화가 제품의 제조 원가에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

직접 재료비 측정 모델은 각 부분품의 반복 횟수와 각각의 재고 비용, 그리고 주문 비용 등을 고려하여 모델링되어서 각 부분품을 주문하거나 생산할 때, 제품의 제조 원가를 기준으로 최적해를 구하기 위한 기초 정보가 될 수 있다. 이러한 기초 정보를 이용하여 재고 관리나 주문 관리와 같은 완제품 이전 단계의 원가 분석에 도움을 줄 수 있는 장점이 있다. 또한 직접 노무비 측정 모델은 제품의 공정 시간이라는 생산 시스템의 주요 성능 지표가 적용되어서 공정 시간의 변화에 따른 제조 원가의 변화를 쉽게 인식할 수 있으며 공정 시간과 제조 원가의 상관관계를 유추해 낼 수 있다. 따라서 공정 개선을 통한 공정 시간의 감소라는 일반적인 목표에 대해 제조 원가의 감소라는 매우 가치적인 효과를 직접적으로 확인할 수 있다는 장점이 있다. 역으로 일정량의 제조 원가 절감이라는 목표를 달성하기 위하여 어느 정도의 공정 시간의 개선이 필요한지도 분석해 낼 수 있다. 직접 경비 측정 모델에 적용된 생산 시스템의 주요 성능 지표 중 하나인 산출량의 증가는 기본적으로 생산 시스템의 성능 향상이라는 시스템적인 목표와도 부합되는 일이며, 제조 직접비의 절감이라는 원가 차원의 목표와도 부합되는 일이다. 따라서 직접 경비 측정 모델에서 이러한 두 가지 목표를 동시에 고려할 수 있다는 것은 매우 효과적인 일이다. 마지막으로 직접 경비 측정 모델에서 초기 준비에 대한 고려는 여러 가지 스케줄링 규칙의 적용에 따른 원가의 변화와 시스템의 성능 변화를 직접 경비라는 하나의 관점에서 분석이 가능하기 때문에 생산 공정에 적합한 스케줄링 규칙의 선택에도 기여할 수 있는 장점이 있다. 마지막으로 사례 연구에서는 제안된 모델의 적합성과 실용성을 실제 데이터를 이용하여 검증하였으며, 제안된 모델의 정확성을 입증하였다.

하지만, 본 연구에서 제품의 제조 원가를 결정하는 제조 간접비에 대한 고려가 없었다. 이러한 부분은 전체적인 제

조 원가를 산출하기 위해 꼭 필요한 부분이기 때문에 연속적인 연구가 필요하다. 또한 생산 시스템의 성능 요소들이 적절히 원가 분석 모델에 반영되었기 때문에 생산 시스템의 성능 요소와 원가의 상관관계에 대한 분석도 향후 연구로서 가치를 지닌다. 마지막으로 생산 시점 이전과 관련된 재고관리 모델과 생산 시점 이후와 관련된 납기확약 모델과의 통합을 통하여 전체적인 원가 관리가 가능한 통합 모델에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- Aderoba, A. (1997), A generalized cost-estimation model for job shops. *International journal of Production Economics*, **53**(3), 257-263.
- Bloch, C. and Ranganathan, R. (1992). Process based cost modeling. *IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology*, **15**(3), 288-294.
- Boons, A. N. A. M. (1998). Product costing for complex manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, **55**(3), 241-255.
- Chang, Y. S., Tjiang, C. K. G. and Besant, C. B. (1997). Cost analysis for semiconductor wafer fabrication. *Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Industrial Engineering*, 1113-1118.
- Dance, D. L., Floria, T. D. and Jimenez, D. W. (1996). Modeling the cost of ownership of assembly and inspection. *IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology Part C*, **19**(1), 57-60.
- Hopp, W. J. and Spearman, M. L. (1996). *Factory Physics*, 198, IRWIN, USA.
- Mohamed, A. and Celik, T. (2002). Knowledge based-system for alternative design, cost estimating and scheduling. *Knowledge-Based Systems*, **15**(3), 177-188.
- Ong, N. S., Lim, L. E. N. and Yeo, K. T., (1993). Manufacturing cost modeling for electrical interconnections. *International Journal of Operations and Production Management*, **13**(2), 63-75.
- Ong, N. S. (1995). Manufacturing cost estimation for PCB assembly : An activity-based approach. *International Journal of Production Economics*, **38**(2-3), 159-172.
- Scheffler, M., Ammann, D., Thiel, A., Habiger, C. and Tröster, G. (1998). Modeling and optimizing the cost of electronic system. *IEEE Design and Test of Computers*, **15**(3), 20-26.
- Shehab, E. M. and Abdalla, H. S. (2001). Manufacturing cost modeling for concurrent product development. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, **17**(4), 341-353.
- Shehab, E. M. and Abdalla, H. S. (2002). An intelligent knowledge-based system for product cost modeling. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **19**(1), 49-65.
- Tornberg, K., Jämsen, M. and Paranko, J. (2002). Activity-based costing and process modeling for cost-conscious product design : A case study in a manufacturing company. *International Journal of Production Economics*, **79**(1), 75-82.
- Yoo, I-G. (1997), *Cost Accounting and Analysis*, Sigma press.