

이 경 중<sup>†</sup>

가천대학교 산업경영공학과

## Establishment of Standard Time for Stranding Process of A Cable Company in Small Quantity Batch Production System

Kyoung-Jong Lee<sup>†</sup>

Department of Industrial Engineering, Gachon University

It is not easy to establish the correct standard time and standard manhour in a process of small quantity batch production system, especially in a case of irregular quantity of production. Therefore, how to establish rational standard time about manufacturing process of a power cable company which is representative business for small quantity batch production system will be suggested in this paper. Furthermore, how to establish standard manhour which can be used for effective control of labor productivity will also be presented.

**Keywords** : Standard Time, Stranding Process, Small Quantity Batch Production

### 1. 서 론

#### 1.1 연구의 목적

전선제조산업은 일반적인 대량생산 체제와는 다른 다 품종소량 주문생산방식이다. 수주 시 고객의 요구에 의해 스펙(specification)이 정해지고, 이를 근거로 설계된 도면에 따라 생산공정에서 제조활동이 이루어진다. 이 때 생산주문량도 다양하여 적게는 3~4시간에 생산을 완료하는 제품이 있는가 하면, 많게는 2~3일 이상 지속적으로 생산하는 등 작업로트 사이즈도 다양하다. 그리고 품종 및 규격도 매우 다양하여 과학적으로 표준시간 설정하기가 쉽지 않고 복잡하며 또한 오랜 기간이 소요된다는 이유로

올바른 표준시간 설정을 기피하고 단지 일정기간에 생산된 산출량(생산량)으로부터 거꾸로 계산해 내어 표준시간을 설정하는 경우가 종종 있었고 그리고 지금도 그와 같은 역산법이 사용되고 있다. 그 결과 운이 좋아 역산법에서 사용된 단일 작업로트 사이즈보다 큰 로트의 제품을 생산하게 되면 작업자는 표준보다 더 열심히 하지 않고도 생산성은 높게 평가받고, 반대로 작은 로트의 제품을 생산하게 되면 표준보다 더 열심히 하고도 생산성은 낮게 평가받는 등의 모순적 결과를 초래한다는 것을 알면서도 그대로 역산법으로 산출된 표준시간을 사용해 왔다. 그러나 이제는 그와 같은 경험에 의한 주먹구구식의 방법을 시급히 떨쳐버리고 과학적인 방법에 의해 요소작업별 시간치 및 여유율을 산출하여 합리적으로 표준시간

논문접수일 : 2012년 06월 21일      게재확정일 : 2012년 07월 10일

<sup>†</sup> 교신저자 lkj123@gachon.ac.kr

※ 본 논문은 2012년도 가천대학교 지원에 의한 연구임.

을 설정하는 것이 요즘과 같이 정확성이 요구되는 시대에 바람직하다고 하겠다. 그렇게 함으로써 생산성이 정확히 집계 분석되고, 그리고 생산성향상 혹은 하락에 대한 원인분석이 올바르게 이루어지며 또 그 결과에 대한 제반 대책수립 및 향상분에 대한 합리적인 보상대책 수립이 가능해지기 때문이다. 따라서 본 연구는 다품종소량 주문생산시스템의 전선제조공정 중 작업이 매우 복잡한 연합공정에 대해 표준시간을 효과적으로 설정하기 위한 방안을 제시하고자 하였다.

## 1.2 연구방법

본 연구에서는 다품종소량 주문생산체제로 운영되고 있는 D사의 전선제조공정 중 연합공정을 연구의 대상으로 하였다. 연구방법으로는 작업측정과 표준시간의 이론적 고찰을 통해서 스톱위치에 의한 표준시간 산정방법을 일반화하고 사례분석을 실시하였다. 사례분석은 전선의 대표규격 중 한 규격을 선정하여 스톱위치법에 의한 표준시간 설정을 위해 작업을 관측하였다. 이 때 관측횟수는 미국의 제너럴일렉트릭(General Electric)사와 웨스팅하우스 일렉트릭(Westinghouse Electric)사에서 제시한 방법[6, 7, 9]에 준해 작업교체 후 준비작업으로부터 시작해 주작업 완료까지의 시간을 한 사이클로 보고 이를 3회 관측하였으며, 관측 시간치는 Shutt의 방법[6]에 따라 개별시간의 평균치를 구하고 그 값으로부터 25% 이상 떨어져 있는 것은 이상치로 취급하여 제외시켰다. 이 때 제외된 값이 나올 때에는 다시 추가로 관측하여 데이터를 얻는 것을 원칙으로 하였다.

그리고 본 연구는 관측대상을 회사에서 정한 표준적인 작업자를 대상으로 하였기 때문에 기술, 노력, 작업조건, 일관성 등과 같은 세부적인 요소별 레이팅계수는 고려하지 않고 관측상황에 따라 관측자가 미리 정한 정상속도를 기준하여 정직성을 바탕으로 적절히 실측치를 가감하여 수정하도록 하였다.

## 2. 기존연구 고찰

그동안 일반적인 표준시간 설정에 대한 연구는 많이 진행되어 왔지만 전선제조공정 특히 연합공정의 표준시간 설정에 대한 공식적인 연구발표는 전혀 없는 실정이다. 그 이유는 전선은 다품종소량주문생산 형태의 작업이라 표준시간 설정이 어렵고 또한 표준시간 구성자체가 매우 복잡하여 쉽게 접근할 수 없기 때문이다. 그러나 표준시간 설정에 대한 기본 이론을 실제로 제조공정에 적용하여 작업의 효율성을 꾀한 연구는 자주 시도되고 있다. 강경식 외

2[1]는 금형제조 공정의 풀 시스템(pull system)을 위해 준비작업시간을 단축하기 위한 방법을 시도하였는데, 그는 이 연구에서 기계의 가동을 중지하고 진행되는 내준비작업과 기계가동 중에 진행되는 외준비작업을 구분하여 내준비를 최대한 외준비화하여 10분미만의 시간에 끝내는 싱글교환방법을 소개하였다. 그리고 김형열[2]은 타이어 성형공정의 표준시간 산정을 종래의 스톱위치법보다 효과적으로 하기 위해 실시간 자료수집에 의한 표준시간 산정방법을 제시하였으며, 성수경[3]은 항공산업의 표준시간 설정을 위해 사상공정과 최종조립공정을 대상으로 하여 공정별 표준시간 설정방법을 제시하였다. 그 결과 생산관리부서는 보다 정확한 생산계획을 수립할 수 있게 되었고, 기획부서에서는 중장기 경영전략수립이 쉬워지며, 재무관리부서에서는 원가관리를 보다 정확히 할 수 있게 되어 항공산업의 경쟁력제고에 큰 도움이 되었음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구는 기존의 연구를 참고하여 응용분야는 다르지만 전선의 연합공정에서 표준시간을 효과적으로 설정하기 위한 방법을 제시하고자 하였다.

## 3. 다품종소량생산의 특징과 문제점

다품종소량생산이라 함은 수많은 품종을 조금씩 생산하는 방식인데 제반생산방식 중 능률 내지 효율이 가장 낮은 방식이다. 왜냐하면 이는 주로 주문생산을 하는 경우에 이용되는데 이때에는 주문에 따라 작업내용이나 작업준비가 달라지는 간헐적 형태(intermittent type)의 작업을 수행하지 않으면 안되기 때문이다. 전선제조가 바로 다품종소량 생산의 대표적인 예이다. 따라서 표준화를 추진하는 것 자체가 어렵고 또한 표준에 의한 제반관리가 어려워 과학적 관리의 적용이 다른 업종에 비해 안되고 있는 실정이다. 이제 이러한 생산방식이 갖는 특징과 문제점을 소개하면 다음과 같다.

### 3.1 다품종소량생산의 특징

#### (1) 생산품목의 다양성

생산제품의 종류가 많고 생산량이 적으며 품목별로 납기가 다르다.

#### (2) 생산공정의 다양성

자재로부터 제품에 이르기까지의 변환과정이 다양하고 물품의 흐름, 즉 생산공정이 제품(주문)에 따라 다르다.

#### (3) 생산능력의 부족

다양한 수요와 수요변동 때문에 설비의 과부족이 생

기고 생산능력이 크게 부족한 경우에는 잔업이나 하청에 의존해야 한다.



<그림 1> 전선제조 공정

(4) 고객수요의 불확실성

고객이 주문하는 제품의 규격, 수량, 납기의 변경이 빈번하며 사외조달품의 납기지연이 자주 발생한다.

(5) 자재확보 및 일정계획의 곤란

주문변경에 따른 규격변경, 계획변경으로 적질, 적량, 적기의 자재확보와 적절한 일정계획 수립이 곤란하다.

(6) 생산계획 및 관리의 복잡성

생산공정 및 일정에 대한 계획이 불확실하기 때문에 현장에서의 작업실시가 복잡다양하며 설비의 고장, 작업자의 결근, 숙련도부족, 불량품발생 등이 자주 일어난다. 따라서 면밀한 계획보다는 경험과 직감에 의존하는 경우가 많아 관리하기 힘들다.

(1) SCR(Southwire Continuous Rod System)

인고트(ingot) 형태의 구리 원소재를 용해로에 투입하고 녹인 다음 지름 8-9mm의 원형으로 뽑아낸다.

(2) 신선(Drawing)

SCR 공정에서 만들어진 굵은 도체를 작은 구멍이 뚫려 있는 다이스(보통 9~21개)에 홀의 크기순으로 통과 시키면서 목적하는 굵기로 가늘게 늘려 뽑는다.

(3) 연선(Twisting)

신선공정에서 만들어진 동선을 목적하는 전기적 특성에 맞추어 여러 가닥을 일정한 피치(pitch)로 꼬아준다.

(4) 절연(Insulation)

도체에 PVC, PE, 고무 등의 절연재를 압출하여 고온, 고압에서 가교 후 냉각하여 절연체를 입혀 씌운다. 제품에 따라서는 가교시키지 않고 절연체를 입혀 씌우기도 한다.

(5) 연합(Stranding)

절연된 선재를 목적에 따라 두 가닥 또는 그 이상으로 충전물과 함께 정해진 배열로 꼬아준다. 이 공정이 본 연구의 대상 공정으로서 작업이 복잡하고 관리가 어려운 편이다.

(6) 시스(Sheath)

연합 후에 제품을 보호하기 위해 최종적으로 알미늄이나 납 등의 금속 또는 PVC로 높은 열과 압력을 이용하여 덮어 씌운다.

(7) 검사(Inspection)

제조된 전선의 출고 전 규격 확인 및 중요한 성능을 시험하는 공정이다.

3.2 다품종소량생산의 문제점

(1) 대부분의 경우 주문마다 사양이 다르기 때문에 설계도면, 공정, 공수 등의 표준화, 규격화가 곤란하다.

(2) 표준시간의 설정이 어려워 표준공수와 실적공수를 비교하여 능률을 측정하는 공수관리가 어렵다.

(3) 제품의 반복성이 없기 때문에 품질관리기법의 적용이 어렵다. 따라서 불량률이 높고 자재손실이 많다.

(4) 품종은 많고 생산량은 소량이므로 공정이 복잡하고 설비능력의 과부족 현상이 자주 발생할 수 있다.

(5) 특급 수주가 자주 발생하므로 공수 및 부하 계획상에 차질을 가져오고 이에 따라 납기지연 현상이 자주 일어난다.

(6) 다양한 품종과 빈번한 규격 변경으로 인하여 검사표준이 명확하지 않아서 불량률이 많이 발생한다.

4. 전선공정의 개요

4.1 전선공정 및 연합공정의 소개

4.1.1 전선공정의 설명

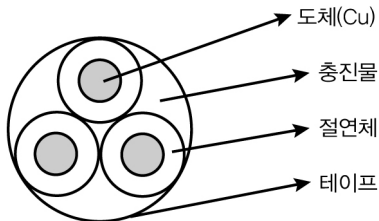
전선공정은 일반적으로 다음 <그림 1>과 같은 순서로 이루어진다. 그리고 이들의 내용을 간단히 소개하면 다음과 같다.

4.1.2 연합공정의 설명

절연된 전선은 한 가닥의 것도 있지만 보통 두 가닥 이상의 것들이 더 많다. 그리고 두 가닥 이상의 전선은 일반적으로 꼬아서 원형을 이루도록 한다. 따라서 연합공정(stranding process)은 앞에서 간단히 소개하였듯이 절연된 선재를 목적에 따라 두 가닥, 세 가닥 또는 그 이상으로 충전물과 함께 정해진 배열로 꼬아주고 그 위에 면테이프 또는 PS(polyester)필름으로 테이핑을 하는 것이다. 이 때

충진물의 기능은 꼬아진 전선의 모양을 원형으로 유지시키는 것이다. 그리고 충진물로는 고객의 요구에 따라 PP (poly propilene)사, 지(paper)사 등이 주로 사용되고 있다.

다음 <그림 2>는 3가닥으로 꼬아준 3상 전력케이블 단면도의 예이다. 그리고 연합공정에서 충진물이 결속상태로부터 풀려나오면서 서로 꼬이거나 절단되는 경우가 종종 발생하여 그 때마다 작업자는 기계를 정지시키고 적절한 조치를 취한 후 다시 작업을 진행하는 관계로 이 연합공정의 기계가동률은 타공정의 기계가동률에 비해 현저히 낮은 수준이다. 따라서 본 연구는 이 공정을 우선적으로 연구의 대상으로 하였다.



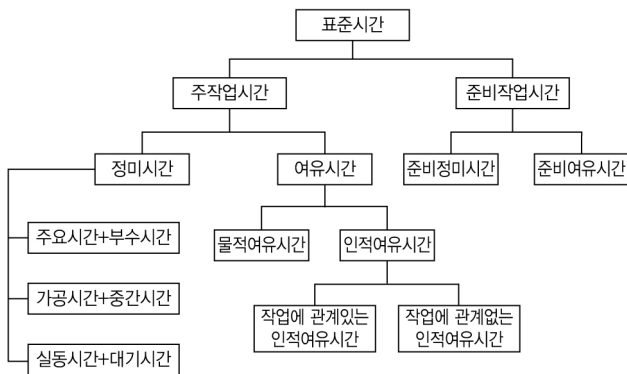
<그림 2> 연합 후 전선의 구조 예

## 5. 표준시간 및 표준공수 설정

### 5.1 표준시간의 의의와 용도

#### 5.1.1 표준시간의 의의

표준시간(standard time)이란 표준화된 작업조건 하에서 요구되는 숙련도와 적성을 지닌 작업자가 그 기업에서 정상이라고 인정하는 작업속도로 1단위의 작업량을 생산하는데 소요된 시간이다. 그리고 이 때 시간 대신 공수로 나타내면 표준공수(standard manhour)의 의미가 된다. <그림 3>은 이러한 표준시간의 구성을 나타낸 것인데 크게 주작업 시간과 준비작업 시간으로 구분된다. 그리



<그림 3> 표준시간의 구성

고 다시 주작업 시간은 정미시간과 여유시간으로, 준비작업 시간은 준비정미시간과 준비여유시간으로 구분된다[5, 6, 11]. 정미시간이란 대상 작업의 기본적인 내용으로 규칙적, 주기적으로 반복되는 순수한 작업시간을 의미하고, 여유시간이란 정미시간 수행 시 정기적, 비정기적으로 발생하는 작업지연에 대하여 시간적으로 보상하는 것을 의미한다.

#### 5.1.2 표준시간의 용도

표준시간은 기업에 따라 조금씩 다르지만 일반적으로 다음과 같은 용도로 사용된다[5, 8, 10].

- (1) 하루의 작업량을 공정하게 결정하기 위해
- (2) 공정의 밸런스(balance) 유지 및 올바른 작업계획 수립
- (3) 생산량, 생산계획의 결정 및 실무검토를 위해
- (4) 올바른 작업방법의 선택 및 개선을 위해
- (5) 원가견적과 판매가의 설정을 위해
- (6) 예산통제와 원가관리의 효율화
- (7) 감독지도, 목표설정, 작업훈련에 활용
- (8) 올바른 직무평가를 위해
- (9) 생산성 측정, 능력급 설정에 적극 활용
- (10) 설비 및 요원의 적절한 산정에 이용한다.

### 5.2 표준시간과 표준공수와의 관계

#### 5.2.1 표준공수

##### (1) 공수에 대한 개념

공수란 작업에 투입된 작업자와 작업시간을 단위로 하여 작업량을 표시하는 것으로서 이에 대한 단위는 인일(man-day), 인시(man-hour), 인분(man-minute)이 있다[4]. 본 연구에서는 인일(man-day)을 공수의 단위로 사용한다. 따라서 1공수라 함은 1인이 8시간 또는 8인이 1시간 걸려 수행하는 작업량을 뜻하는 것이다. 다시 말해 “1인일 = 8인시(1man-day = 8man-hour)”이다.

##### (2) 표준공수의 개념

생산량 1단위를 생산(또는 가공)하기 위해 소요되는 시간을 표준시간이라고 할 때 표준공수라 함은 생산량 1단위를 생산하기 위해 소요되는 공수를 뜻한다. 실제 생산현장에서 노동생산성 산출 시 인풋(input) 요소로 노동 투입량을 공수로 나타내기 때문에 아웃풋(output)으로 나온 생산량도 공수의 단위로 환산해 주어야 하므로 일반적으로 표준시간 보다는 표준공수의 개념을 더 많이 사용한다.

(3) 표준시간과 표준공수와와의 관계식

생산량, 표준시간, 표준공수의 관계식을 나타내면 다음과 같다. 단, 여기서

- $ST$  : 표준시간(분/km)
- $SM$  : 표준공수(공수/km)
- $M$  : 작업자수
- $PQ$  : 생산량(8시간 당)(km)

- $PQ = \frac{480}{ST}$
- $SM = \frac{M}{PQ} = \frac{M \times ST}{480}$
- $ST = \frac{SM \times 480}{M}$

5.3 표준시간 및 표준공수의 산출식

$$SM = \frac{M}{PQ} \dots\dots\dots (1)$$

$$SM = \frac{M}{480} \left[ \frac{1000}{V} \times (1+I) \times K + \frac{T_1 + \frac{L}{L_2} \times T_2 + \frac{L}{L_3} \times T_3}{L} \right] \times (1+A) \dots\dots\dots (2)$$

본 연구에서는 표준시간을 외경법에 의해 식 (2)를 사용하여 산출하였다. 그리고 이 때 여유율은 실제 관측결과 15% 초과 시에는 관측된 값을 그대로 인정해 주고, 15% 이하일 경우에는 Refa의 기준[6]에 따라 15%로 인정하였다. 특히 D사는 표준시간 보다는 표준공수에 대한 개념을 보다 더 많이 사용하고 있으므로 본 연구에서는 후자에 역점을 두어 설명하겠다.

그러므로 식 (2)에서 표준시간(ST)은

$$\left[ \frac{1000}{V} \times (1+I) \times K + \frac{T_1 + \frac{L}{L_2} \times T_2 + \frac{L}{L_3} \times T_3}{L} \right] \times (1+A)$$

가 되는 것이다. 그리고 여기에서 좌측 수식은 1단위의 생산량, 즉 1km를 생산하는데 소요되는 기계작업 시간과 부대작업 시간을 나타내고, 우측 수식은 1km를 생산하는데 소요되는 준비작업 시간인 것이다.

- 단,  $V$  : 기계의 작업속도(m/분)
- $I$  : 부대율(주작업시간 대비 부대작업시간의 비율). 여기서 주작업시간이란 기계작업시간을 말하

고, 부대작업시간이란 기계작업시간 즉 주작업시간에 비례하여 발생하는 부자재교환 및 부수적으로 행하는 작업시간을 의미한다.

- $K$  : 작업속도 조정계수
- $T_1$  : 준비정미시간 즉, 품종 또는 규격교체 시의 최초 준비시간(분)
- $T_2$  : 송출보빈(bobbin) 교환시간(분)
- $T_3$  : 권취보빈 교환시간(분)
- $L_2$  : 송출보빈 한 보빈에 감겨있는 전공정 작업의 양(km)
- $L_3$  : 권취보빈 한 보빈에 감을 현공정 작업의 양(km)
- $\frac{L}{L_2}, \frac{L}{L_3}$  : 로트계수, 즉 1회의 준비정미시간( $T_1$ )으로

작업지시량(L)을 생산하는데  $T_2, T_3$ 가 몇 회 발생하는지를 나타내는 계수이다. 이 계수는 소수점은 무조건 끊어 올려 정수로 해야한다.

그리고  $L_2, L_3$ 는 보빈의 크기와 전선의 외경에 의해 결정되는데 이는 경제적 여건 등을 고려하여 회사에서 미리 정해 놓고 있는 값이다.

$A$  : 여유율(전체 작업시간에 대한 여유시간의 비율로서 외경법으로 산출한다)

5.3.1 두 산출식의 특징

식 (1)에 의한 표준공수는 D사에서 종래 사용해 왔던 방법이다. 이는 생산실적을 가지고 거꾸로 산출하는 역산방식이다. 최근에 시간연구(time study) 기법을 도입하면서 스톱워치에 의해 과학적으로 설정하고자 식 (2)를 고안하여 현재 연합공정에 적용하고 있다. 특히 식 (1)은 이미 앞(1.1항)에서도 언급했듯이 표준공수가 단일로트 즉 평균작업로트 사이즈를 기준해 산출한 것이므로 수주로트 즉 작업로트 사이즈의 변동이 심한 기업에서는 이 방식에 의한 표준공수는 별 의미가 없고 오히려 위험이 따르게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 맹점을 시정하기 위해 표준시간, 표준공수를 작업로트 사이즈별로 설정하고 또한 준비작업도  $T_1, T_2, T_3$ 로 세분하여 보다 더 정확성을 기하였다. 그리고 기계공장에서 흔히 나타나는 기계의 평균 수행속도 문제를 작업속도 조정계수(K)의 설정으로 해결하기로 하였다.

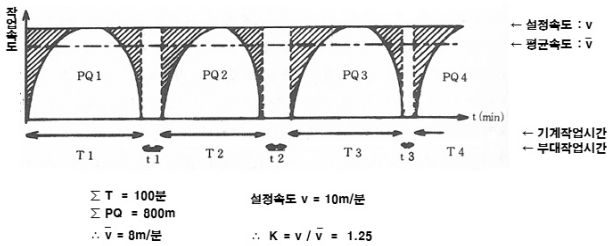
5.3.2 작업속도 조정계수(K)

표준시간 설정에서 준비작업시간, 부대작업시간, 여유시간 등을 정확히 정하는 것도 중요하지만 기계작업의 경우 실제로 이루어지는 작업속도를 정확히 정한다는 것 또한 어렵고 아주 중요한 문제이다. 왜냐하면 기계작업

에서 작동 스위치를 ON시키는 순간 곧바로 규정된 속도로 운전되는 것이 아니고 서서히 오르는 것이기 때문이다. 따라서 준비작업 완료 후 주작업(기계가동) 실시 중 원부자재 교환이나 부수적인 작업 등의 부대작업으로 인한 기계정지가 빈번히 발생하는 작업일수록 이 문제는 더욱 더 중요한데, 특히 연합공정의 작업이 바로 이 경우에 해당된다. 이에 대한 구체적인 예로 작업속도를 10(m/분)으로 했을 때 기계가동시간의 합계가 100분이라고 하면, 100분 동안에 1,000m가 생산되어야 하는데 실제로는 800m만이 생산되지 않았다고 하자. 그러면 이 경우 실제작업속도는 10(m/분)이 아니고 8(m/분)이 되는 셈이다. 그 이유는 다음 <그림 4>에서 보듯이 간헐적으로 기계정지가 발생하여 100분간 계속 10(m/분)의 속도로 작업된 것이 아니기 때문이다. 그러므로 1,000m를 생산하기 위해서는 100분이 아니고 125분이 소요되는 것이다.

$$\left( \because K = \frac{v}{\bar{v}} = \frac{10}{8} = 1.25 \right) \text{ 이와 같이 기계작업의 실제}$$

평균 수행속도 문제로 차이나는 시간을 보상에 주기 위한 것이 작업속도 조정계수(K)이다



<그림 4> 작업속도 조정계수(K) 산출방식

## 6. 작업관측을 통한 시간분석 및 표준시간 산출

### 6.1 작업관측 및 시간분석

표준시간 설정 시 작업관측 횟수가 대단히 중요한데 본 연구에서는 미국의 제너럴일렉트릭(General Electric)사에서 제시한 기준, 즉 1사이클 시간이 40분 초과 시 권장관측 횟수 3회[6, 7], 그리고 웨스팅하우스일렉트릭(Westinghouse Electric)사에서 제시한 기준, 즉 1사이클 시간이 3시간 이상시 최소관측횟수 3회, 8시간 이상시 2회[6]로 되어있는 바, 여기에서는 이 두 조건을 고려하여 3회로 정하고 실제 작업현장을 관측하였다. 실제로 D사의 연합공정의 1사이클 시간은 최소한 3시간 이상이다. <표 1>은 D사의 전력 케이블 a제품 b규격을 생산하기 위해 작업교체 후 준비작업으로부터 시작하여 주작업 완료까지의 시간을 1사이클로 보고, 이를 3회 관측한 후 정리한 가동시간 분석표이다.

<표 1> 가동시간 분석표

구분	요소 작업명	관측			비고	
		횟수	시간 (분)	평균 (분)		
주 작업 시간	기계가동		(1204.5)			
준비 작업 시간	(1) 준비정미시간(T <sub>1</sub> ) 피치기어 교환 다이소 교환 개재물(PP사) 정리, 로딩	3 3 3	(33.5) 9.5 13.5 10.5	(11.2) 3.2 4.5 3.5	규격별 비례 시간 " " 고정 시간	
	(2) 송출보빈 교환(T <sub>2</sub> ) 운반 및 탈착/장착 시단인출 선재조인트 조인트부 다이소 통과유도/인출	24Bo 24Core 24Core 6	160.5 67.0 118.0 18.7	6.7/B 2.8/C 4.9/C 3.1		
	(3) 권취보빈 교환(T <sub>3</sub> ) 운반 및 탈착/장착, 단말처리	6	(135.0)	22.5		
부대 작업 시간	(1) 부자재 교환 PS필름, PP사	28	(229.5)			
	(2) 부수작업 PP사 영검처리 PS필름 절단처리 작업조장, 여장표시	27 3 27	203.5 6.5 47.8	(257.8)		
여유 시간	(1) 부자재운반(PP사, PS필름)	2	12.0	(92.9)		
	(2) PP사 패드조정	4	6.7			
	(3) 권취보빈 조정	2	5.5			
	(4) 테이핑기 헤드조정	2	24.0			
	(5) 송출스탠드 조정	2	7.5			
	(6) 협의	5	19.5			
	(7) 용변 및 휴식	2	10.5			
	(8) 기타	3	7.2			
불량 작업 시간	A	(1) 제품수리 (노테이핑 - 손처리)	11	74.5	(145.3)	여유 시간 으로 인정
		(2) 테이핑 외관불량 처리 (탈피)	3	21.5		
		(3) 스파크 테스터 검출 중단	3	49.3		
	B	(1) 조장미달처리	1	35.4	(81.4)	제외 시간 으로 처리
		(2) 차작업용 선재위치 확인	1	38.5		
		(3) 공구함 키 찾음	1	7.5		
계			2544.1			

### 6.2 표준시간 및 표준공수 산출

앞에서 정리한 가동시간 분석표로부터 표준시간을 산출하기 위해 작업요소별 시간 또는 비율을 구하여 <표 2>와 같이 표준시간 산출 자료표를 작성한다.

<표 2> 표준시간 산출 자료표

항목	산출		비고
	내역	확정치	
준비정미 시간(T <sub>1</sub> )		11.2분	
송출보빈 교환(T <sub>2</sub> )	고정시간 : 3.1분 비례시간 : 14.4분	46.3분 60.7분	3core 4core
권취보빈 교환(T <sub>3</sub> )		22.5분	
부대율 (I)	부대작업/주작업 487.3/1204.5	40.5%	
여유율 (A)	불량작업중 A항은 여유로 인정하고 B항은 제외시킴 (B항은 개선대상) (92.9+145.3)/2224.5 = 0.107 회사인정 휴식20분 (460 × 0.107 + 20)/480 = 0.144 (즉 14.4%)	15%	장기적 개선사항 외경법 적용 권장 여유율 적용
작업속도 조정계수 (K)	v = 25 m/분 v̄ = 21.7 m/분 v/v̄ = 1.15	1.15	ΣPQ = 26,140m ΣT = 1204.5분 v̄ = 21.7m/분

특히 <표 2>에서 준비작업시간 중 송출보빈 교환시간 (T<sub>2</sub>)은 제품규격에 관계없이 일정한 값으로 나오는 고정 시간과 꼬아주는 전선의 수(core수)를 고려해 규격에 따라 변하는 비례시간으로 구분해 주어야 한다. 따라서 3가닥(core)의 경우 비례시간은 14.4 × 3 = 43.2분이 되고, 4가닥의 경우엔 14.4 × 4 = 57.6분이 되므로 여기에 고정 시간을 더하면 송출보빈 교환시간은 각각 46.3분, 60.7분이 된다. 그리고 불량 작업시간 중 A항은 현재 관리수준으로 볼 때 개선이 불가능하므로 여유시간으로 인정해 주고, B항은 개선이 가능한 것이므로 여유시간으로 인정하지 않고 제외시간으로 처리한다. 한편 본 사례에서 여유율은 전체 작업시간에 대한 여유시간의 비율이므로 외경법에 따라 계산하면 주작업시간, 준비작업시간, 부대작업시간을 합한 시간(2224.5분) 대비 여유시간에 불량작업시간(A)를 합한 시간(238.2분)의 비율이므로 여유율은 0.107(238.2/2224.5)로 집계되었으나 회사에서 인정해주는 10분씩의 휴식시간 2회를 고려하여 다시 계산하면 14.4%로 산출된다. 그러나 앞의 5.3항에서 언급한 바와 같이 관측된 여유율이 권장여유율 15%보다 낮으므로 현작업의 여유율은 15%로 정한다. 이제 위의 표준시간 산출자료표로부터 작업로트 사이즈별로 표준시간, 표준공수를 산출하기 위한 요소별 데이터를 정리하면 다음 <그림 5>와 같다. 이제 이 데이터를 사용해 5.3항의 식 (2)에 의해 표준시간 및 표준공수를 작업로트 사이즈별로 산출하면 다음 <표 3>과 같다. 표에서 보듯이 표준시간과 표준공수가 작업로트 사이즈에 따라 크게 차이를 내고 있음을 볼 수 있다. 따라서 그간 단일로트 사이즈를 기준해

역산법으로 산출한 표준시간, 표준공수가 얼마나 잘못된 것인지 충분히 알 수 있다.

작업인원(M) = 1명, 작업속도(v) = 25.0(m/분) 부대율(I) = 0.405, 작업속도조정계수(K) = 1.15 T <sub>1</sub> = 11.2분, T <sub>2</sub> = 46.3분, T <sub>3</sub> = 22.5분 L <sub>2</sub> = 1,9000m, L <sub>3</sub> = 2,300m, 여유율(A) = 0.15
---

<그림 5> 표준시간 산출을 위한 요소별 데이터

<표 3> 표준시간 및 표준공수

작업로트 사이즈(km)	0.3	0.6	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0
표준시간 (분/km)	381.1	227.5	166.6	146.9	131.5	124.3	120.5
표준공수 (공수/km)	0.794	0.474	0.347	0.306	0.274	0.259	0.251

## 7. 결론 및 향후 연구

본 연구는 그간 다품종소량 주문생산 형태의 산업이라 표준시간 설정이 어렵다고 판단하여 합리적인 방법로서의 설정을 기피해 왔던 전선제조 공정 중 가장 복잡한 공정으로 꼽히는 연합공정에서의 표준시간 설정방법에 대해 연구하였다. 이를 위하여 국내 중견기업인 D사의 연합공정의 작업을 스톱워치 방법으로 관측하고 분석하여 작업로트 사이즈별로 표준시간, 표준공수를 설정하는 방안을 제시하였다. 그 결과 작업자별, 공정별 그리고 부서별로 노동생산성 분석 시 꼭 필요한 환산생산량 산출이 표준공수의 설정으로 가능하게 되었으며 또한 비효율 요소에 대해서는 별도로 집계분석 함으로써 생산성관리가 효과적으로 이루어 질 수 있도록 하였다. 그러나 이 경우 본 연구에서 제시한 표준시간 설정방법은 연합공정의 한 품목, 한 규격을 대상으로 한 것이다. 따라서 연합공정의 전품목, 전체규격으로 확대시키기 위해서는 작업성이 유사한 품목과 유사한 규격끼리 묶어주는 그룹화작업이 선행되어야 한다. 그러기 위해서는 제품 설계팀과 협의하여 그룹화작업을 먼저 행하고 진행시켜야 할 것이다. 한편 본 연구를 진행하면서 절실히 느낀 점은 합리적이고 정확한 표준시간이 설정되면 원가계산을 올바르게 함은 물론이고 노동생산성의 정확한 분석이 가능해지고 그 결과 성과급제 적용을 수월하게 할 수 있으며 더불어 성인화와 생산성향상 운동을 합리적으로 추진할 수 있게 된다는 것이다. 그리고 또한 본 연구에서 제시한 표준시간 산출식을 조금만 수정하면 신선공정, 연선공정,

절연공정, 시스공정 등 타공정에도 확대 적용이 가능하므로 공장전체의 효과적인 생산성관리 시스템을 갖추기 위해서는 이에 대한 후속 연구가 과제로 남는다.

### 참고문헌

- [1] 강경식, 김태호, 나승훈; “Pull System을 위한 준비 작업 시간의 단축방법”, 생산성학회지, 8(1), 1994.
- [2] 김형열; “실시간 자료수집에 의한 표준시간 산정방법”, 전남대, 1996.
- [3] 성수경; “항공산업 공정별 표준시간 설정 및 적용사례 연구”, 창원대, 2005.
- [4] 이근희; 경영공학 용어사전, 창지사, 29, 1979.
- [5] 이근희, 홍상우; 작업관리, 상조사, 273-290, 1996.
- [6] 이순요; 작업관리, 박영사, 217 : 246-253, 2005.
- [7] 조문수, 윤훈용, 박성하; Niebel의 작업관리, McGraw-Hill Korea, 406, 2009.
- [8] 황 학; 작업관리론, 영지문화사, 309-312, 2010.
- [9] Benjamin W. Niebel; Motion and Time Study, 8th ed., Homewood, Ill., Irwin, 650-667, 1988.
- [10] Boyd, Fraser; “The Measurement of Work,” *Records Management Quarterly*, 26 : 20-25, 1992.
- [11] Ralph M. Barnes; Motion and Time Study, 6th ed., John Wiley and Sons Inc. New York, 1968.