

절단압착공정의 기계별 작업순서 결정방법개선에 관한 연구

임진규* · 박주철**

Study on the Improvement of Production Sequencing of Cutting-Crimping Process

Jin-Kyoo Lim, Ju-Chull Park

〈요 약〉

본 논문에서는 자동차용 전기배선 제조공정중 절압공정을 대상으로 기계별 작업순서결정에 관한 개선된 방법에 관하여 연구한다. 기계별 작업순서에 대하여 작업자들이 현장에서 느끼는 불편한 점들을 개선하려는 목적에서 연구를 진행하였으며 개선된 방법을 통하여 자재교환과 치구 교환횟수를 감소시킬 수 있었다. 그 결과 기계가동율이 향상되었고 계획된 작업순서에 대한 작업준수율을 높일 수 있었다.

1. 서론

자동차용 전기배선을 생산하는 제조공정은 크게 절압공정, 조립공정 및 검사공정의 세단계로 이루어진다. 불량발생의 많은 부분이 절압공정에서 발생하고 제품기능면에서의 중요도가 매우 높은 부위의 불량도 대부분 절압공정에서 발생하고 있다. 생산성 측면에서도 절압공정에서 생산목표를 달성하지 못하면 다음공정의 작업에 영향을 미치므로 절압공정은 주요공정으로 관리되고 있다.

절압공정에는 자동장비들이 배치되어 있으며 공급 받은 전선을 절단하고 전선의 피복을 벗기는 작업을 한다. 절압공정에서의 작업계획은 기계별 작업배정과 투입순서결정의 두 단계로 편성된다. 기계별 작업배정은 기계의 생산능력과 기술적 특성을 고려하여 실시되고 기계별 투입순서의 결정은 그 투입순서에 따

른 절압치구의 교환시간을 최소화하도록 정해진다.

본 논문의 연구대상이 되는 회사의 절압공정의 경우 현재 이러한 절압작업계획 수립에 절압치구의 교환시간을 제대로 고려하고 있지 못하며, 따라서 계획된 작업지시서는 작업의 불편함을 초래하고 있다. 그 결과 치구교환 횟수를 줄이고 작업의 불편함을 덜기 위한 작업자에 의한 작업순서의 임의적 변경 등이 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 임의적인 작업순서의 변경은 현장관리를 어렵게 만들고 계획기능의 효과를 감소시키고 있다.

본 논문에서는 현재의 작업계획방식을 현장에 직접 적용하는 과정에서 드러난 문제점을 개선하여 작업순서를 더욱 합리적으로 개선하여 치구, 자재교환시간을 줄이려고 노력한다. 궁극적으로 공정흐름의 불합리한 요인을 감소시키고 생산량을 증가시킴으로써 전체 생산성의 향상을 달성하려고 노력한다.

* 울산대학교 공과대학 산업공학과 박사과정

** 울산대학교 공과대학 산업공학과 교수

개선을 위한 접근은 세가지 방향으로 진행한다. 첫째 방법은 작업지시주기의 단축이다. 작업계획의 편성 주기를 1일단위(주.야 혼합)에서 0.5일 단위(주.야 구분)로 변경하여 주기시간을 단축한다. 작업계획주기의 단축을 통하여 문제발생에 대한 대응능력을 높일 수 있다.

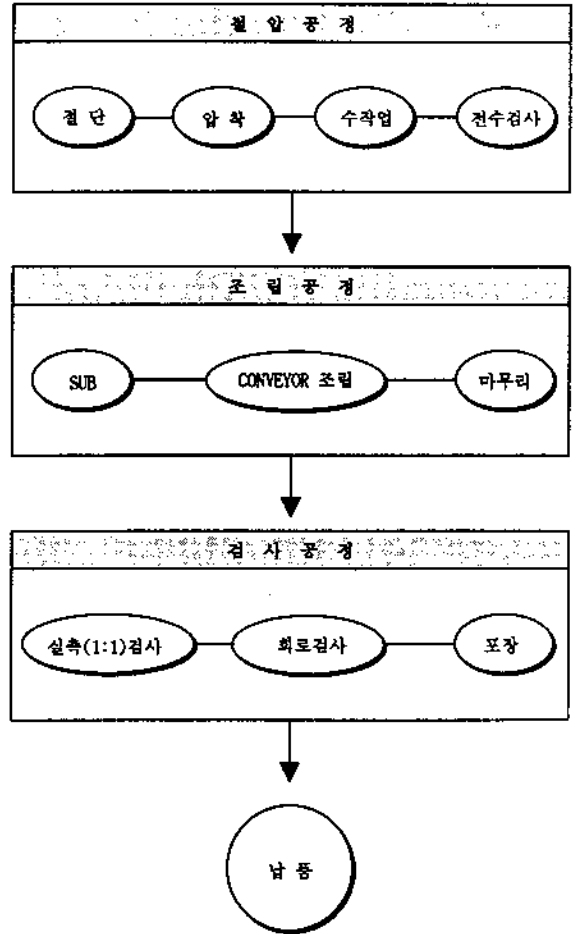
두 번째는 공정편성방법의 개선이다. 현재 1일단위의 작업편성에서는 주간과 야간작업을 구분하고 작업 종류를 다르게 편성하여 작업을 전문화한다. 그러나 현재와 같은 방식에서는 주문사양에 따라 전문화된 작업종류들간에 그 수요가 심한 편차를 보이게 되면 작업부하의 균일화가 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 주간과 야간 작업을 동등하게 취급하여 작업편성을 한다.

세 번째는 작업순서편성방법의 개선이다. 주간과 야간작업간의 작업종류의 구분을 두지않게 되면, 각 작업주기별로 작업의 종류가 다양하게 되어 작업성이 나빠진다. 작업물이 다양해짐에 따라 치구교환과 자재교환횟수가 늘어나서 전체적인 작업시간이 길어지고 빈번한 교환작업에 따라 작업이 불편해진다. 이는 작업순서를 결정할 때 교환작업이 적어지도록 같은 치구와 자재를 사용하는 작업을 그룹화하여 작업순서를 편성함으로써 개선이 가능하다.

본 논문의 개선사항중 세 번째인 작업순서의 편성 문제는 단일기계에서의 작업순서결정문제[1,2,3,4]와 유사하다. 절압공정에는 다수의 자동장비들이 있고 이들 장비에서는 다양한 작업물들이 가공되어 복수기계 문제[1,5,6,7]의 형태가 되지만 작업물들을 일차적으로 장비별 특성에 따라 장비에 우선 배정한 다음 작업순서계획을 실시하기 때문에 전자의 문제와 동일한 형태가 된다. 단일기계의 작업순서결정을 위한 여러가지의 휴리스틱들이 있는데, 본 논문에서는 평균흐름시간(mean flow time)을 최소화하는 최단작업시간우선(SPT)규칙에 근거한 작업순서의 결정방법을 시도한다.

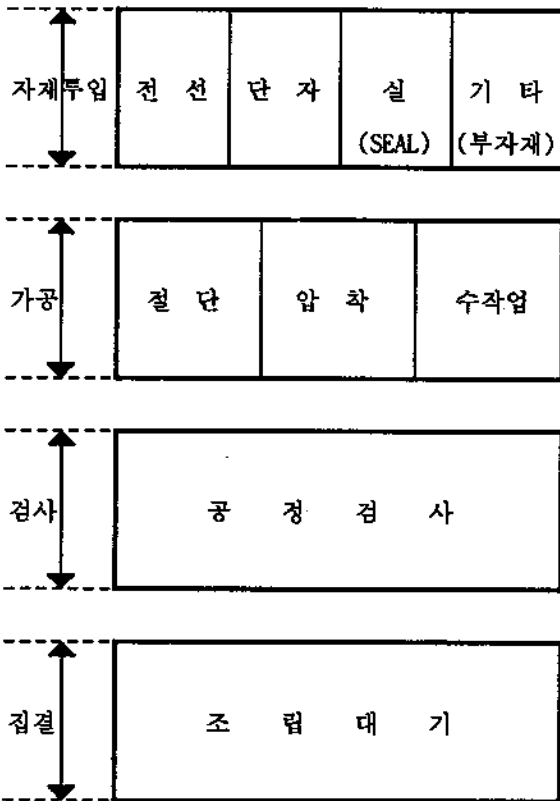
실제로 이와 같은 개선을 실시함으로써 치구교환과 자재교환 횟수의 절감을 가져올 수 있었으며 그 결과 작업소요시간의 단축을 기할 수 있었다. 또한 교환횟수의 감축을 통해서 작업자의 불편함을 줄여 작업자들의 계획준수율을 높일 수 있었다.

2. 절압공정의 특성



〈그림 1〉 전기배선조립의 주요공정

전기배선제조공정은 앞서 언급한 바와 같이 절압공정, 조립공정, 검사공정으로 나뉘어지며, 절압공정은 그중 첫 번째 공정에 해당한다. 절압공정은 자동작업, 반자동작업 및 수작업공정으로 구성되어 있다. 조립공정은 절압작업이 완료된 반제품을 품목별로 분류하여 부분(sub)작업을 한후 조립작업을 한다. 검사공정은 조립이 완료된 배선의 장착위치에 대한 실측검사를 하고 통전상태확인을 위해 회로검사를 한후 합격된 제품은 포장을 한 후 납품한다. 〈그림 1〉은 전기배선제조를 위한 주요공정을 보여주는 그림이며 〈그림 2〉는 절압공정의 흐름도를 보여주고 있다.



〈그림 2〉 절압공정의 흐름도

절압공정에서는 필요한 자재를 공급받은 후 절단 및 압착작업을 한다. 작업은 양단작업, 편단작업 그리고 무단작업의 세가지 형태가 있다. 양단작업은 양쪽 모두 자동절압공정에서 압착을 한다. 편단작업은 한쪽은 자동절압공정에서 압착을 하고 나머지 부분은 반자동압착공정에서 압착을 한다. 무단작업은 양쪽 모두 자동절압공정에서 압착을 하지 않고 반자동공정에서 압착하는 것을 말한다. 작업방법은 제일먼저 전선을 길이별로 절단하고 절단된 전선의 피복을 벗기는 작업(strip)을 한후 단자와 전선을 압착한다. 압착이 완료된 제품은 공정검사를 거친 후 공급요원(feeder)에 의하여 다음공정으로 이동된다. 양단작업을 한 반제품은 조립공정으로 바로 이동되며 편단작업을 한 반제품은 나머지 부분의 압착을 위하여 반자동압착공정으로 이동된다. 무단작업을 한 제품은 양쪽 모두 압착을 위하여 반자동압착공정으로 이동된다.

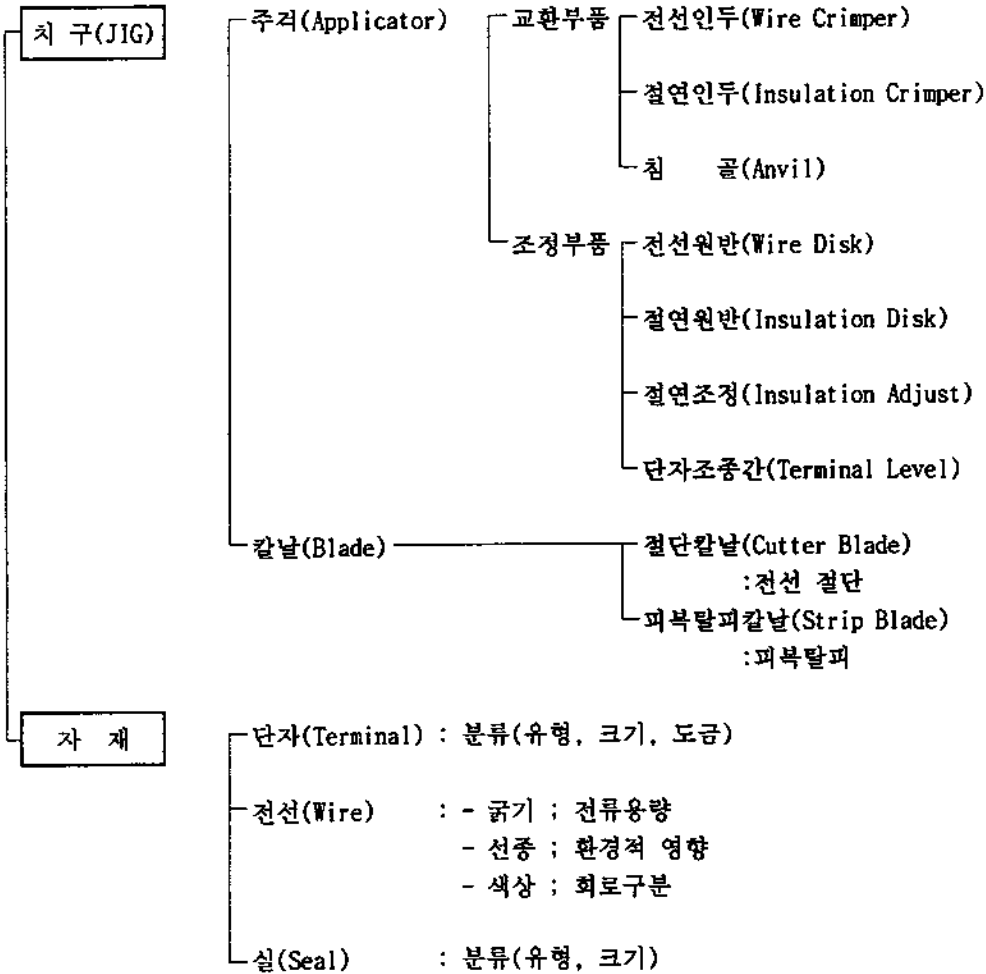
절압공정에서 사용되는 치구 및 자재는 작업특성에

따라 교환여부가 결정된다. 〈표 1〉에서와 같이 치구는 교환부품, 조정부품 그리고 칼날로 분류되고 자재는 단자 및 전선등으로 분류된다. 각각의 부품들은 기능별로 분류되었다.

3. 기존의 작업순서결정

절압공정의 작업계획을 위한 계획절차는 먼저 거래처로부터 품목별 주문수량을 접수하는 것으로부터 시작된다. 다음으로 공장의 보유재고 및 조달기간(Lead-time)을 감안한 후 선정된 품목의 당일의 생산계획수량을 결정하여 생산계획파일(File)을 구축한다. 생산계획파일의 각 품목에 해당하는 자재목록파일(SUB-LIST File)을 읽어 각 품목에 해당하는 자재목록을 파악한다. 그다음으로 자재목록의 각 자재에 대해서 작업장비를 결정한다. 자재목록에 있는 각 자재에 대한 장비배정은 장비배정을 위한 우선순위를 설정해두고 이에 따라 이루어진다. 이러한 배정방식은 ‘공정배분조건’이라 불리워지며 양단자재, 편단자재 그리고 무단자재에 대한 조건으로 구성된다. 장비배정작업은 일일 생산품목이 평균 40개이고 한 품목은 약 200개의 자재를 가지므로 8000회를 반복하게 된다. 이상의 과정을 거치게 되면 양단, 편단 그리고 무단의 자재가 각각 장비별로 배정이 되는데 배정이 이루어진 후에는 한 장비내에 존재하는 다중의 작업들간의 장비에 대한 투입순서결정이 이루어진다. 한 장비에는 일반적으로 양단, 편단 그리고 무단의 자재들이 섞여서 배정이 되는데 이들을 별도로 구분하여 작업순서를 결정한다. 전체적으로는 무단과 편단자재를 우선적으로 작업하며 그 다음으로 양단자재의 순서로 투입순서를 정한다. 동질의 자재 내에서의 작업순서는 단자의 종류, 전선굵기, 색상 등을 고려하여 자재를 분류한후 자재교환 및 단자교환횟수가 최소가 되도록 작업순서를 결정한다. 이러한 작업순서의 결정방법은 양단, 편단 및 무단자재를 모두 합하여 자재투입순서를 결정하는 방식에 비해서 자재교환 및 단자교환의 횟수가 훨씬 많아지게된다. 그러나 기존의 주간야간의 구분 작업 편성방식하에서는 작업이 종류별로 그룹화되어 주간과 야간에 별도로 배정이 되기 때문에 세가지 중

〈표 1〉 절압공정에서 사용되는 치구 및 자재의 종류



류의 자재의 혼합정도가 낮아 교환횟수에 크게 영향을 주지 않았다. 주간야간의 구분편성방식은 서론에서도 언급한바와 같이 수요변화에 대한 대처가 용이하지 않아 주간야간을 구분하지 않는 1일2회 작업편성방식으로의 변경이 이루어 지고 있다. 이와같은 작업편성방식하에서는 기존의 작업순서결정방식은 문제점을 낳을 수 밖에 없다. 양단, 편단 그리고 무단간의 구분에 의한 자재 및 치구교환횟수의 증가외에도 몇 가지 문제점들이 발견되고 있는데 이들을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 도금이 안된 일반단자와 도금된 단자의 경우 두 단자는 작업성이 같기 때문에 동일한 치구를 사용

하고 있으나 번호가 달라 별도 단자로 인식 됨으로써 다른 조건으로 인식되어 작업순서가 분산되었다. 그 결과 불필요하게 치구들을 교환하게 되었다. 둘째, 양단조건에서 편단조건으로 변경되는 경우에 '2'단자항목을 확인하지 않음으로써 편단작업순서가 같은 그룹으로 분류되지 않고 다른그룹으로 분류되어 불필요한 치구교환시간이 발생되었다. 셋째, 동일한 단자조건내에서 피복탈피(strip)(2)의 방향값이 순차적으로 정립되지 않았다. 넷째, 실(seal)작업장비를 일반 장비와 동일한 작업조건으로 간주하고 작업지시를 하였다. 그 결과 동일한 단자내에서 실(seal)별로 그룹화되지 않고 분산되어 작업순서가 결정되므로써 실(seal)교환시

간이 증가하였다. 다섯째, 굵기, 선종 그리고 색상이 같은 조건에서 길이가 다른 여러 회로가 있을 경우에 길이가 짧은것부터 순차적으로 배열이 되지 않았다.

4. 개선된 작업순서결정

본 연구에서 개발된 작업순서결정방법은 불합리한 작업순서를 개선하는데 목적이 있다. 지금까지의 방법은 작업물을 장비에 배정한 후 치구교환 등에 대한 정밀한 고려를 하지 않은채 양단, 편단, 무단자재를 구분하여 정밀한 고려를 하지 않은채 장비별 작업물의 작업순서를 결정한다. 그 결과 자재교환 및 치구교환횟수가 증가되는 문제점을 비롯한 여러 가지 문제점이 발생되었다.

본 논문을 통하여 제시된 장비배정 및 기계별 작업순서의 결정방법은 세단계로 구성된다. 제1단계는 자재에 대한 장비배정과정이며 제2단계는 기계별로 배정된 자재들간의 작업순서의 결정, 그리고 제3단계는 작업지시서의 발행단계이다. <그림 3>은 제시된 작업순서결정방법에 대한 적용과정을 보여주고 있고 크게 세부분으로 구분된다. 첫 번째 부분은 장비배정과정을 보여주고 있다. 배정과정은 양단, 편단 및 무단 세 가지 작업에 대한 장비배정과정을 보여준다. 이러한 배정과정은 개선전과 개선후의 업무흐름이 동일하다.

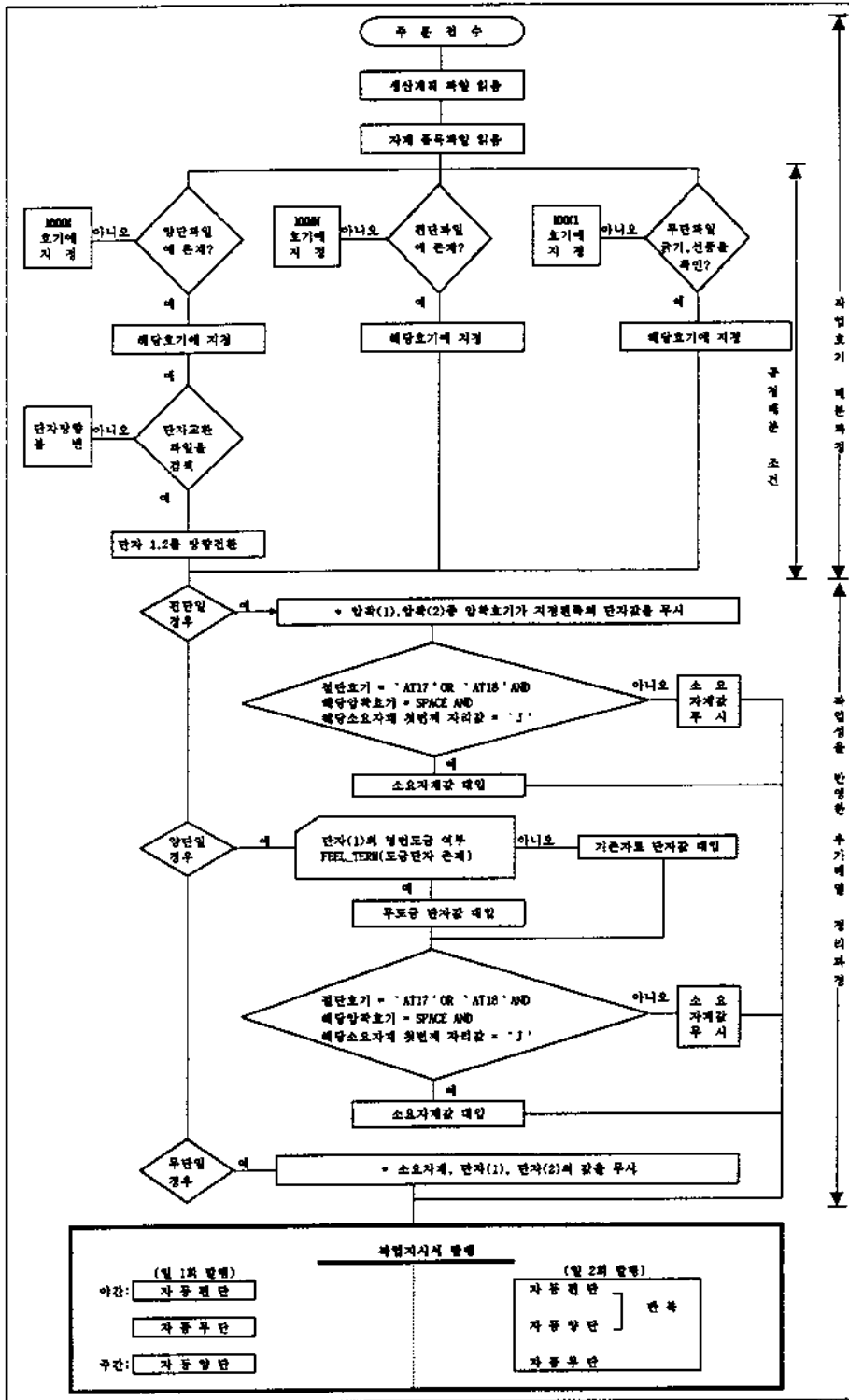
두 번째 부분은 추가된 작업순서결정방법을 이용한 업무흐름을 보여주고 있다. 다음부분에서 설명되는 바와같이 조달기간(lead time)을 단축시키기 위해 작업순서결정주기를 1일에서 0.5일로 단축하였으나 작업성이 같은 작업의 순서가 주,야간으로 따로 정해지고 주간 및 야간작업내에서도 분산되어 정해짐으로써 치구 및 자재교환이 대폭 증가하였다. 이를 개선하기 위해 주,야간 각자 단위내에서 작업성이 같음에도 불구하고 양단은 양단끼리 편단은 편단끼리 무단은 무단끼리 그룹화되는 문제점을 개선해서 양단과 편단인 경우에도 작업성이 같은 경우(예;왼쪽단자가 같은경우 등)에는 같은 그룹으로 작업순서가 결정되어 치구 및 자재교환시간을 감소시켰다. 즉, 조달기간을 줄이고자 하는 목표를 달성하면서 부수적으로 발생하는 문제점들은 추가된 개선방법을 이용하여 개선하였다.

세 번째 부분은 작업지시서 발행절차이다. 개선전에는 주간과 야간을 합하여 하루에 한번 작업지시서를 발행하였다. 기존의 주간과 야간간의 작업배분방법은 작업시간이 많이 소요되는 자동편단과 자동무단은 야간에 작업을 미리하고 작업시간이 적게 소요되는 자동양단은 주간에 작업을 하도록 하였다. 개선후에는 주간과 야간을 작업배정상의 구분없이 각각 두 번 발행하였다. 작업배분방법은 첫째 자동편단, 자동양단 및 자동무단의 순서로 배열을 하였다.

그외에 본연구에서는 기존의 작업순서결정방식에서 드러난 문제점들을 해소하기 위한 몇가지 추가적인 순서결정방법을 정해 이를 활용하도록 한다. 이들문제점에 대한 개선방법은 <표 2>에 문제점과 함께 내용별로 요약되어 있다.

첫번째 문제점은 동일한 단자임에도 도금된 단자별도의 단자로 인식되는 점이다. 이를 개선하기 위하여 모든 도금단자에 대하여 일반 무도금단자와의 관계를 나타내는 파일을 구축하였다. 그리고 도금단자를 읽으면 작업성이 같은 무도금단자로 인식될 수 있도록 하였다. 모든 단자는 구축된 파일에서 도금여부를 확인한다. 조건이 맞으면 해당되는 무도금단자값이 입력되고 그렇지 않으면 기존의 무도금단자값이 입력된다.

여기에서 첫 번째 문제점을 가지고 최단작업시간우선(SPT)규칙의 적용예를 살펴본다. 이 규칙의 적용은 처리시간이 가장 짧은 작업에 가장 높은 우선권을 준다. 대안은 개선전과 개선후의 두가지 대안이 설정된다. 자재 및 치구교환은 A: 주격(Applicator)교환, B: 단자교환, C: 칼날교환, D: 전선교환등 4종류의 교환이 발생된다. 각 항목에 대하여 단위 소요시간에 교환횟수를 곱하여 교환소요시간을 산출한다. 이를 기초로 하여 최단작업시간우선규칙에 의해 작업순서가 결정된다. 개선전 방법의 순서는 B-A-D-C이고 개선후 방법의 순서는 A-B-C-D로 나타난다. 다음으로 평균흐름시간(mean flow time)을 계산하면 개선전에는 9.179분이고 개선후에는 6.858분이 된다. 개선후의 처리시간이 25%정도 짧으므로 이 방법에 우선권이 주어져 작업순서결정방법으로 선정된다. 두번째 문제점은 양단에서 편단으로 조건이 변경되는 경우에 단자(2)를



〈그림 3〉 기계별 작업배분 흐름도

작업지시서 발행	
(일 1회 발행)	(일 2회 발행)
야간: 자동편판	자동편판
	자동양판
주간: 자동양판	자동무판
	반복

〈표 2〉작업순서 결정상의 그 밖의 문제점 및 개선대책 및 개선대책

순위	문 제 점	대 책	해 결 방 안
1	동일 연속(Series)단자중 도금차이로 별도 단자로 인식됨 예] T34-25021 T34-25022	도금차이 단자를 동일하게 인식, 분류후 순위를 정립한다.	양단 몰량중 단자(1)의 명번호금 여부 확인 도금단자과일에 의한 무도금 단자값 대입
2	양단조건에서 편단조건으로 변경되는 경우 "2단자항의 미확인"으로 편단순서에 오류발생	양단조건에서 조건 변경시 "1" OR "2" 단자 확인 후 순서정립	편단일 경우 압착(1), 압착(2)항목중 압착란이 공란이 아닌 단자값을 무시함
3	동일 단자 조건내 피복탈피(strip) (2)방향값이 순차적으로 정립안됨	동일단자 조건내에서 피복탈피(strip)확인 후 전선(굵기, 색상, 선종)순서결정 예] 4.5T13-07022 3.5 4.5T13-07022 4.0 4.5T13-07022 4.5 4.5T13-07022 5.0 4.5T13-07022 8.0 4.5T13-07022 8.0	자동혼합 파일의 구성요소를 배열함(Primary Key)
4	실(SEAL)작업전용 장비가 일반 절압장비와 동일한 작업성으로 몰량배분이 되므로써 실(SEAL)이 동일조건 내에서 순차적으로 배열이 되지 않음	실(SEAL)작업전용 장비에서 단자별로 분류후 실(SEAL)별로 2차 분류후 순서를 결정한다. 동일 단자내 실(SEAL)별 구분작업 가능 여부를 확인후 순서결정	양단, 편단 몰량중 절단호기가 'AT17' OR 'AT18' 호기 이면서 해당압착 호기가 SPACE이면서 해당요소자재 첫 번째 값이 'J'일 경우 소요자재 값 대입
5	동일한 굵기, 선종, 색상인 경우에 길이가 순차적으로 정립 안됨 예] 0.5 B/R 2040 0.5 B/R 2040 0.5 B/W 2050 0.5 L 2040	타조건 진행후 우선순위 조건변경 변경전 : 굵기, 선종, 색상, 길이 변경후 : 길이, 굵기, 선종, 색상	자동 혼합파일의 구성요소를 배열함(Primary Key)

확인하지 못함으로 인하여 편단순서가 잘못된 경우가 있다. 단자인식을 하는 경우 첫 번째 원칙은 왼쪽단자 기준으로 인식을 하고 분류하는 것이다. 편단작업일 경우 모든 단자는 왼쪽단자 기준으로 배열되기 때문에 왼쪽이 편단일 경우에는 문제가 발생되지 않는다. 다만 오른쪽 단자가 편단일 경우에 오른쪽 단자를 인식하지 못하면 전환파일(Trans File)과 중요기준(Primary key)에 의해서 왼쪽 반자동단자로 인식되어 작업순서가 잘못 배열된다. 오른쪽이 편단이면 오른쪽은 자동압착을 하고 왼쪽은 반자동압착을 하는 것을 말한다.

이러한 점을 개선하기 위하여 혼합파일에서는 반자동압착(1), 반자동압착(2)중에서 반자동압착호기가 지정된 쪽의 단자값을 무시하도록 한다. 값을 무시한 이유는 편단작업과 양단작업을 분리하기 위함이다. 세 번째 문제점은 피복탈피에 굵기 등의 조건보다 우선순위가 주어지도록 자동혼합파일의 구성요소를 구성하여 배열함으로써 개선한다. 네 번째는 실(Seal)작업이 동일한 조건내에서 순차적배열이 되지 않는 점이다. 이는 실작업전용장비에서의 작업인 경우 실작업 여부를 인식하는 단계를 추가함으로써 작업순서가 개

선된다. 다섯 번째 가타 조건이 동일한 경우에 길이가 순차적으로 배열이 되지 않는다. 이는 길이에 관한 조건에 다른 조건보다 우선순위를 줌으로써 작업 순서를 개선한다. 선정된 다섯가지 문제점은 혼합과 일을 새로 구축하여 추가함으로써 해결하였다.

5. 개선된 작업순서결정방법에 관한 실험 및 효과분석

5.1 개선된 작업순서결정방법을 이용한 예제

일일 작업수량은 일반적으로 주야 합하여 평균 40만 자재이다. 각각의 자재는 이미 결정된 작업배분 우

시하기 위하여 본절에서는 7개의 자재로 구성된 한 개의 제품을 선정하고 이에 대한 적용과정을 보여준다. 선정된 품목에 대한 자재목록은 <그림 4>와 같으며 7개의 자재로 구성되어있다. 자재목록에 나타난 각각의 자재에 대해서 장비배정과 장비내 작업순서가 정해진다. 각 자재에 대한 식별은 자재목록상의 서브번호에 의해서 이루어진다. 선정된 품목의 자재목록에는 0101부터 0107까지 7개의 자재에 대한 명세가 제시되어있다.

각 자재는 공정배분조건에 따라 편단(2개 자재)과 무단(5개 자재)으로 분류된다. 이는 다시 작업특성에 따라 자동편단과 자동무단으로 분류된다. 다음으로 작업순서결정과정을 경유한다. 작업순서는 자동편단, 자

품목번호 : 91201-37004

파일명 : 자재목록(SUB_LIST)

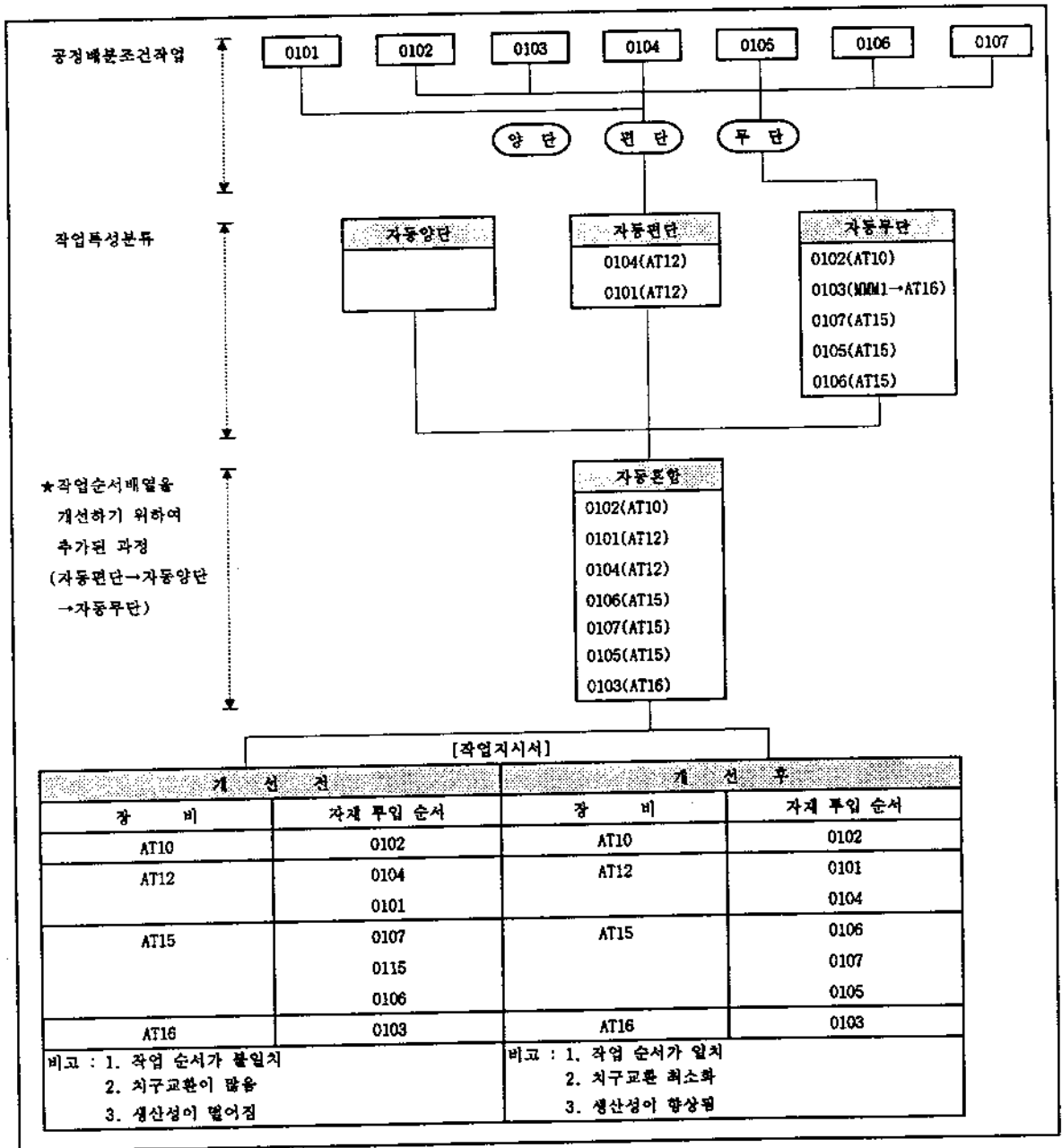
범	례
R	: 등근단자
D	: 2전선
M	: 중간피복탈피
*	: 결선

서브번호	도면번호	색상	굵기	길이	피복탈피-1 피복탈피-2	단자-1 단자-2	결선-1 결선-2	부자재-1 부자재-2	입착-1 입착-2	비고
0101	0210	B W/R	2.00	200	10.0 5.0	T07-81404 T35-92212	R*	튜브	외주	납침전
0102	0330	E R	2.00	2790	5.5 5.0	T67-31312 T56-02522	D	실	P-35 P-26	
0103	0340	S R	3.00	460	5.5 5.5	T67-31312 T67-31222	D* DM	열수축튜브	P-35 P-36	중간(왼쪽부터190)
0104	0450	B R	1.25	560	5.5 5.5	T35-92212 T67-31222	D*		P-36	
0105	0080	B R	1.25	250	5.0 10.0	T56-25022 T77-60004	M*	튜브	P-40	0104와 납땀
0106	0100	B R	2.00	250	4.5 10.0	T56-25022 T77-60004	M*	튜브	P-40	0104와 납땀
0107	0620	B L	0.85	1530	5.0 5.0	U35-11222 T34-25022		실	P-03	

<그림 4> 선정된 품목에 대한 자재목록

선조건에 따라 작업장비가 지정되며 또한 같은 장비 내에서 작업순서가 결정된다. 이러한 전체 과정을 예

동양단 그리고 자동무단의 순서로 결정된다. 이러한 순서는 자재구성상의 순서를 말하며 실제순서는 작업



〈그림 5〉 실례에 의한 작업배분과정

〈표 3〉 기계별 교체시간 비교표(개선전, 후)

호기명		총작업소요시간			작업수량	
		작업시간(분)	교체시간(분)	합계	작업수량(EA)	교체횟수(회)
A701	전	417.29	189.00	606.29	22,730	129
	후	417.29	196.00	613.29	22,730	134
A702	전	633.65	354.00	987.65	22,830	240
	후	633.65	310.00	943.65	22,830	213
A703	전	478.19	324.00	802.19	23,620	220
	후	478.19	304.00	782.19	23,620	208
A704	전	659.42	215.00	874.42	30,230	147
	후	659.42	187.00	846.42	30,230	130
A705	전	423.52	89.00	512.52	17,040	62
	후	423.52	94.00	517.52	17,040	66
A706	전	615.42	172.00	787.42	24,870	121
	후	615.42	133.00	748.42	24,870	95
A707	전	477.39	207.00	684.39	25,390	144
	후	477.39	212.00	689.39	25,390	145
A708	전	468.54	305.00	773.54	20,850	207
	후	468.54	301.00	769.54	20,850	205
A709	전	450.96	214.00	664.96	22,850	142
	후	450.96	175.00	625.96	22,850	120
A710	전	353.84	189.00	542.84	16,800	127
	후	353.84	183.00	536.84	16,800	123
A711	전	380.19	359.00	739.19	18,500	240
	후	380.19	344.00	724.19	18,500	229
A712	전	417.71	255.00	672.71	20,990	169
	후	417.71	232.00	649.71	20,990	156
A713	전	453.96	165.00	618.96	18,910	111
	후	453.96	159.00	612.96	18,910	106
A714	전	369.31	177.00	546.31	18,830	117
	후	369.31	193.00	562.31	18,830	129
A715	전	520.41	278.00	798.41	23,160	184
	후	520.41	258.00	778.41	23,160	173
A716	전	384.31	246.00	630.31	18,350	160
	후	384.31	215.00	599.31	18,350	141
A717	전	409.46	271.00	680.46	16,710	178
	후	409.46	259.00	668.46	16,710	174
A718	전	441.84	256.00	697.84	19,000	173
	후	441.84	260.00	701.84	19,000	176
A719	전	538.21	292.00	830.21	25,960	199
	후	538.21	292.00	830.21	25,960	200
합계	전		4,557.00	13,450.62		3,070
	후		4,307.00	13,200.62		2,918

시간에 의해서 결정된다. 즉, 한 장비에 배정된 작업 중 자동편단자재중 작업시간이 가장 짧은 것을 먼저 투입하며 그다음으로 자동양단자재중 작업시간이 가장 짧은 것을 투입한다. 이러한 장비배정과 투입순서 결정과정이 모두 끝나면 이를 실행하기 위한 작업지시서가 발행된다.

개선전과 개선후를 비교하면 개선전에는 양단, 편단 그리고 무단작업별로 투입순서를 지정한 반면 개선후에는 이를 합하여 투입순서를 결정한다. 또한 개선전에는 장비내 투입순서를 장비배정순서에 의해서 결정한 반면 개선후는 SPT규칙을 적용하고 있다. <그림 5>의 결과에서 보면 장비AT12와 장비AT15에 배정된 자재들간에 개선전과 개선후의 투입순서가 바뀐 결과를 관찰할 수 있다. 이는 개선된 방법에서 투입순서결정에 SPT규칙을 적용한 결과에 기인한다. <그림 4>의 자재목록에 있는 자재에 대한 적용결과를 통해서는 교체시간에 대한 개선을 관찰할 수 없는데 이는 극히 일부의 자재에 대한 적용결과이기 때문이다.

실제 작업에서는 평균 40품목을 생산함으로 8000자재에 대하여 작업이 진행된다. 실제 작업한 교환시간 결과는 <표 3>에 보여진다.

5.2 실제효과

개선전과 개선후의 교체시간에 관한 자료는 <표 4>와 같다. 작업순서를 개선한 후에 기계에 따라서는 교체시간이 증가한 경우도 일부 있으나 전체교체시간은 개선전에는 4,557분이 소요되었고 개선후에는 4,307분이 소요되어 250분이 감소되었다. 이는 개선전과 비교하여 5.5%가 개선되었다.

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 전기배선을 제조하는 공정중 절단과 압착작업을 수행하는 절압공정을 대상으로 작업순서 결정방법을 개선하기 위한 연구를 수행하였다. 수요변화에 대한 신속한 대응을 위하여 작업지시 주기를 단축하였으며 주간과 야간작업간의 전문화 생산방식을 지양하고 동일한 작업물을 혼합 생산하는 방식을

제시했다. 그 결과 생기는 작업물의 다양화와 작업교체시간의 증가 현상은 우선순위와 최소처리시간규칙을 활용한 휴리스틱을 개발해서 적용함으로써 극복할 수 있었다.

작업순서결정규칙은 작업대상그룹의 혼합과 이들간의 순서결정, 그리고 각 작업대상그룹내의 순서결정 등으로 구성된다. 전자의 경우는 공정의 특성을 고려하여 편단작업, 양단작업, 무단작업이 교대로 진행되도록 했으며, 후자의 경우는 최소처리시간규칙을 활용하였다. 작업물의 장비별 배정에 대해서는 기존의 방식과 같은 우선순위규칙에 따라 배분이 되도록 했다.

이상의 연구를 통하여 수요변화에 대한 대응능력을 높일 수 있었으며, 작업자의 작업불편성을 줄일 수 있었다. 작업지시주기의 단축에 따른 교체시간의 증가 현상을 개선된 작업순서결정방법으로 극복할 수 있었으며 오히려 작업교체시간을 5.5% 정도 단축할 수 있었다.

차후의 연구과제로는 작업순서를 최적화하기 위한 알고리즘의 개발에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구과제의 경우 현장사정을 반영한 개선의 개념에 입각한 휴리스틱을 활용하여 작업순서결정규칙을 만들고 이를 통하여 다소의 개선결과를 얻을 수 있었는데, 이를 최적화하기 위한 연구를 실시하여 근본적인 개선을 실시할 필요가 있다.

수요에 대한 대응능력을 높이기 위해서는 작업주기 시간을 더욱 단축할 필요가 있으며 궁극적으로 시간단위의 작업지시가 가능하도록 되어야한다. 이를 위해서는 하드웨어와 소프트웨어분야에 대한 대폭적인 투자와 연구가 필요할 것으로 보인다. 이들은 중요한 연구과제로 지속적인 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- [1] David, D.B. and James, E.B., "Sequencing and Scheduling", Integrated Production Control Systems, pp.245-293, 1982.
- [2] Jackson, J.R., "Scheduling a Production Line to Minimize Maximum Tardiness", Research Report

(Management Science Research Project), No.43,1955.1.

[3] Moore,J.M., "Sequencing n Jobs on One Machine to Minimize the Number of Tardy Jobs", Management Science, Vol.17, No.1, 1968.9.

[4] Wilkerson, J. L. and Irwin, J. D., "An Improved Method for Scheduling Independent Tasks", AIIE Transactons, Vol.3, No.3, 1971.9.

[5] Dagramici, A. and Surkis, J., "Scheduling Independent Jobs on Parallel Identical Processors", Management Science, Vol. 25, No. 12, 1979.12.

[6] Johnson, S. M., "Optimal Two-and Three-Stage Production Schedules with Setup Times Included" Naval Research Logistics Quarterly, Vol.1, No.1, 1954.3.

[7] Campbell, H. G., Dudek, R. A. and Smith, M. L., "A Heuristic Algorithm for the n Job m Machine Sequencing Problem", Management Science, Vol.16, No.10, 1970.6.

박주철(朴柱哲)

1958년 6월 20일생

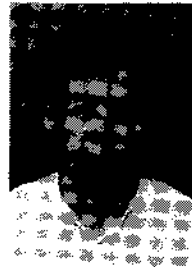
1981년 서울대학교 공과대학 산업공학과(학사)

1983년 한국과학기술원 산업공학(석사)

1990년 한국과학기술원 산업공학(박사)

1983년-현재 울산대학교 공과대학 산업공학과 교수

관심분야 : 경제성공학 생산정보시스템



임진규(林眞圭)

1949년 10월 18일생

1979년 국제대학 경영학과(학사)

1994년 울산대학교 산업공학과(석사)

1994년-현재 울산대학교 산업공학과(박사과정중)

1986년-현재 경신공업(주) 관리부장

관심분야 : 경제성공학 생산정보시스템