

레이아웃 개선을 통한 차량용 연료탱크 용접라인의 생산성 향상에 관한 연구

유 성 희* · 이 창 호**

*청도미성전자 · **인하대학교 산업공학과

A Study on Productivity Improvement on Welding Line for Vehicle Fuel Tank using Layout Improvement

Sung-Hee Yoo* · Chang-Ho Lee**

*Qingdao Misung Electronics · **Department of Industrial Engineering, INHA University

Abstract

Many researches and projects are actively implemented in the academic world and industrial world in order to increase the productivity through changing utility layout. Effective layout makes the flow of parts and products go on wheels and helps labor forces and utilities to be used efficiently.

In this study, we looked at effect on utility layout change through a case of a company making a fuel tank of vehicle in Korea. Due to the layout improvement, this company could have flowshop system on welding line, so the stock in line was decreased, checking the number of stock became easier than before and it was possible to evaluate exact cycle time per unit. Through not only confirming qualitative effect, but also checking quantitative effect such as UPH(Unit per Hour), we obtained the conclusion that the layout improvement increased the productivity.

Keywords : Utility Layout, Layout Improvement, Flowshop System

1. 서 론

생산성 향상은 비용을 절감하는 것과 제품의 품질 경쟁력을 향상시키는 것으로 유·무형의 낭비를 줄이는 것을 목표로 한다. 비용절감과 품질향상을 통한 생산성 향상은 회사의 이익구조를 강화하고 궁극적으로는 개인과 회사 모두를 건실하게 만드는 활동이라고 할 수 있다. 생산성 향상이라는 목적을 달성하기 위해 학계에서 많은 연구가 이루어 졌고, 현장에서도 많은 시도를 하고 있다. 그 중 현장에 적용하여야 할 중요한 생산관리기법 중의 하나로 설비배치기법을 빼놓을 수 없다[11]. 왜냐하면 적절한 설비배치는 자재의 흐름을 원활하게 하고 인력 및 장비를 보다 효율적으로 사용할 수

있도록 촉진하는 효과가 있기 때문이다. 제품의 종류나 생산량에 따라 설비배치가 달라지는데, 일례로서 우선 컨베이어를 이용한 설비의 배치를 살펴보면 컨베이어를 어떻게 활용하느냐에 따라 흘림 또는 흐름생산으로 구분하게 된다.

흘림생산은 단순히 물건을 운반하는 데에만 컨베이어를 사용하지만 흐름생산은 컨베이어를 이용한 제품의 이동뿐만 아니라, 재공품, 부품, 원자재 등의 재고를 최소화하고 공정이 순차적으로 진행되도록 하여 단위 제품 당 Cycle time의 정확한 측정이 가능해 지며 이를 토대로 한 공정 분석이 가능하게 되어 공정의 문제점을 개선하는데 도움을 준다[10].

본 논문에서는 레이아웃 변경을 통해 흐름생산을 가

† 교신저자: 이창호, 인천시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

M · P: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

2010년 7월 20일 접수; 2010년 8월 23일 수정본 접수; 2010년 8월 31일 게재확정

우선 기존 용접라인의 가장 큰 문제점은 용접과 도장공정의 분할에 있다. 기존의 방식은 11명의 인원이 용접과 도장공정이 격일제로 운영을 하게 되는데 하루는 용접공정을 수행하여 반제품을 만들어두고 다음날은 전날의 반제품을 가지고 도장하는 형태로 생산이 이루어졌다. 이러한 문제점은 불필요한 재고를 발생시키고 작업장의 공간을 낭비 시킨다.

또 다른 문제점은 불합리한 레이아웃으로 인해 공정간 이동 로스가 발생하고 공정간 이동거리가 지나치게 멀어 공정재고를 유발하였다. 공정 단품 문제점으로는 팔레트가 규격화 되지 않아 투입 수량 및 재고량의 파악이 어렵고 과다재고로 인한 손실비용이 발생하였으며 보관불량으로 인해 품질에 문제가 발생하였다.

완제품을 보관하는데 있어서도 문제가 발생하였는데 임시 팔레트에 완제품을 적재함으로 인해 운반의 낭비가 발생하였다.

작업환경에서의 문제점은 안전사고가 유발될 수 있을 정도로 공간이 협소하고 공정 중 용접 부자들들이 무분별하게 방치되어 있었다.



[그림 2] 도장작업을 기다리는 반제품



[그림 3] 수량파악이 힘든 공정단품

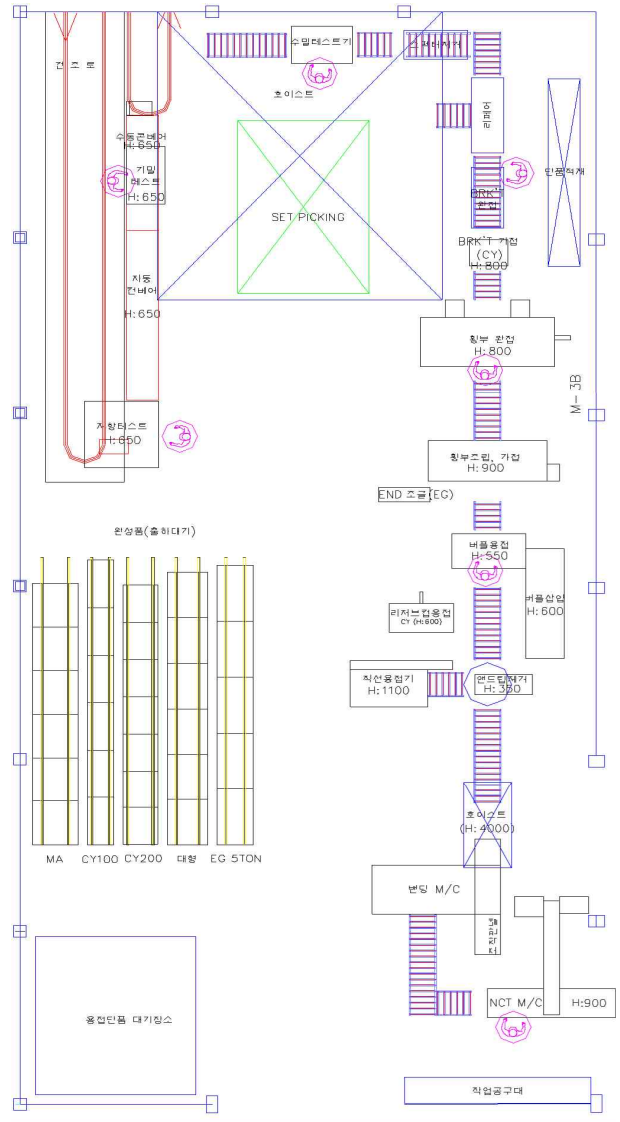


[그림 4] 공정간 불필요한 재고 발생

2.3 개선 후의 Fuel Tank 라인 레이아웃

기존의 문제점을 해결하기 위해 레이아웃을 변경하였는데, 그 특징은 변경 전에 단순히 제품이동이나 반제품을 쌓아놓는 용도로만 사용되던 컨베이어벨트를 재배치 및 추가 설치하여 공정 간의 흐름화를 이루었다. 또한 분할되어 있던 용접과 도장라인을 연결하여 용접공정이 끝나면 반제품으로 저장하지 않고 바로 도장라인으로 투입되어 도장과정을 거쳐 완제품으로 완성된다.

레이아웃 변경으로 인한 영향을 파악하기 위해 사전 시뮬레이션은 별도로 수행하지 않았으나, 공정별 C/T 측정을 통해 Line Balance 표를 작성하고, 작업자 재배치와 흐름화 생산을 위해 생산관리 측면에서 사양별 혼류 생산계획 등 장·단점 분석을 실시한 후 레이아웃 변경을 실시하였다.



[그림 5] 개선 후의 용접라인의 레이아웃

레이아웃을 변경함으로써 전체적으로 기존 레이아웃의 불합리한 점들이 개선되었고, 도장대기 제품의 적재가 사라졌으며, 완제품 보관상태 불량 문제를 해소하였다. 밴딩기의 위치를 변경하여 컨베이어가 일직선을 이루게 됨으로써 물류의 흐름이 원활해졌고, 제품이 컨베이어 위에서 이동하여 바로 밴딩기에 고정될 수 있도록 개선하였다. 컨베이어의 배치를 흐름화하여 기존에 생산량이 일정하지 않았던 반면에 개선 후에는 일정한 생산량을 유지하게 되었다.

나머지 설비들도 재배치하여 설비 간 이동거리가 감소하였기 때문에 한명의 작업자가 두 가지 작업을 동시에 수행할 수 있게 되었다. 공정 작업자의 수를 비교해 보면 11명의 작업자가 용접라인과 도장라인에서 하루씩 번갈아 가면서 작업하던 것을 용접라인과 도장라인을 흐름화하여 동시에 작업하면서 전체인원은 9명만 필요하게 되었다는 점도 크게 개선된 부분이다.

전체적인 레이아웃의 개선으로 흐름생산이 가능해지면서 제품의 생산 사이클이 이틀에서 하루로 바뀌게 되었고 H자동차의 서열 납입 부품으로서 공정재고 없이 단 납기를 실현하였으며, 불필요한 작업자의 투입을 줄일 수 있었다.

3. 레이아웃 개선을 통한 효과분석

3.1 정성적 효과 분석

레이아웃의 변경을 살펴보면 전반적으로 레이아웃상의 불합리한 부분들을 개선하여 용접을 완료한 도장대기제품의 적체를 없애고, 용접 단품을 쌓아 두던 공정 내 팔레트를 없앨 수 있었다 또한 완제품의 보관상태를 개선할 수 있었다.

개선 전에는 편칭기에서 제품이 나오면 컨베이어를 타고 이동하여 호이스트로 밴딩기에 고정시켜주는 작업으로 인해 이동거리가 길고 여러 번 작업을 해야 하는 불편함이 있었으나, 개선 후에는 컨베이어를 통해 제품이 이동하면 곧 바로 밴딩기에 고정할 수 있게 배치하여 이동거리가 단축되고 작업자 한명이 다른 공정까지 관리할 수 있도록 하였다.

[그림 8]을 보면 개선 전에는 과도하고 불합리하게 배치된 컨베이어의 이동경로로 인해 공정 중에 재고가 적재되어 있었고, 흐름 생산이 어려웠었던 반면에, 밴딩 설비를 이동시킴으로써 컨베이어를 직선으로 배치하여 물류가 원활해짐은 물론 밴딩된 제품이 바로 직선용접기로 이동할 수 있게 되었다.

[그림 9]와 같이 개선 전에는 리저브컵 용접기의 위치

가 앞 공정에 위치해 있어 제품 이동이 원활하지 않았으나, 개선 후에는 엔드팁 제거 후 바로 리저브컵 용접으로 이동 가능하여 제품 이동시간을 단축할 수 있었다.

액세서리 용접과 리페어 용접 시 두 명의 인원이 필요하였고, 횡부용접 후 액세서리 지그로 이동하는 작업상의 낭비가 발생하였으나, 개선을 통해 액세서리 지그를 컨베이어 사이에 위치시켜 컨베이어 이동에 영향을 받지 않도록 하였고, 한 명의 작업자가 액세서리 용접과 리페어 용접을 동시에 수행할 수 있도록 하였다.

용접이 끝난 반제품을 적재한 후 다음 날 도장하는 방식의 흘림 생산방식으로 인해 [그림 11]에서와 같이 많은 적재공간이 소요되었던 반면에, 개선 후에는 흐름화 생산방식으로 작업이 진행되므로 적재공간이 불필요하게 되었고 수밀 완료 후 곧 바로 도장 작업이 가능하게 되었다.



[그림 6] 개선 전·후의 전반적인 레이아웃



[그림 7] 개선 전·후의 편칭기 및 밴딩기



[그림 8] 개선 전·후의 컨베이어



[그림 11] 개선 전·후의 반제품 적재공간



[그림 9] 개선 전·후의 리저브킵 용접기



[그림 12] 개선 전·후의 조립 공정



[그림 10] 개선 전·후의 액세서리 용접

용접 후 하루 뒤에 도장 후 조립함으로써 조립공정에 많은 인원이 투입되었던 것에 반해, 용접 후 즉시 도장을 하고 조립하도록 개선함으로써 작업자 한명으로 작업이 가능하게 되었고, 단 납기를 실현하여 갑작스러운 고객의 수요에도 빠른 대응이 가능하게 되었다. [그림 12]는 개선 전·후에 용접을 마치고 도장 작업 대기중인 제품을 보여준다.

[그림 13]에서 보는 바와 같이 제품 적재의 측면에서 개선 전·후를 비교해 보면, 조립 후 완제품을 비닐에 싸워서 적재한 후 제품 출하 시 다시 팔레트에 적재해야 하는 이중 작업으로 인한 낭비와 더불어 스크래치 등 여러 유형의 부적합이 발생할 가능성이 존재하였던 반면, 개선을 통해 조립 후 완제품을 바로 팔레트에 적재하여 서열에 따라 출고하게 되어 이중 작업의 손실을 줄이고 적재 보관으로 인한 부적합 요소를 줄일 수

있게 되었다. 이상과 같이 용접과 도장 공정을 연속작업이 가능한 흐름라인으로 편성하였지만 도장공정과 용접공정 사이의 간섭 효과는 없는 것으로 판정되었다.

3.2 정량적 효과분석

레이아웃 개선으로 인한 정성적인 개선 효과 이외에도 정량적인 개선효과를 파악하고자 개선 전·후의 생산량을 분석하였다. 시간당 생산 수량인 UPH(Unit per Hour)를 개선 효과를 파악하는 지표로 활용하였다.

C사에서 실시한 Fuel Tank 라인에 대한 레이아웃 개선은 2009년 5월 16일 레이아웃 개선안을 수립하는 것으로 시작하여 레이아웃을 변경하고 레이아웃에 맞게 설비를 설정하는 작업을 2009년 6월 6일까지 진행하였다. 2009년 5월 18일의 사진과 2009년 6월 6일 이후의 사진을 비교하여 개선 전·후의 레이아웃에 대한 정성적인 개선효과를 확인하였으며, 개선 전인 3월에서 4월까지 2개월의 현장의 생산실적 데이터와 개선 후 설비의 설정 변경 등으로 인한 적응기간을 마치고 공정이 안정상태가 된 9월에서 12월까지 4개월의 생산실적 데이터를 비교하여 정량적인 개선효과를 확인하였다.

개선 전·후의 UPH 비교를 위해 일일 용접라인 가동시간과 생산수량을 월별로 합계를 구한 후, 월별 총 생산 수량을 용접라인 총 가동시간으로 나누어 월별 UPH를 얻을 수 있었다. 이렇게 분석된 결과는 <표 1>에서 정리하였다. 정리된 표에서 알 수 있듯이 개선 전인 3월부터 4월까지 2개월간의 UPH가 4.36이었던 반면에, 개선 후인 9월부터 12월까지 4개월 간 평균 UPH는 4.86으로 나타나 레이아웃 개선으로 인해 단위시간당 생산량인 UPH가 향상된 것을 알 수 있다.

또한 투입된 인원에 man-hour를 적용하여 개선 전·후를 비교해보면, 개선 전에 하나의 제품을 생산하기 위해 용접, 도장, 조립라인에 투입된 총 공수는 2.545 (man-hour) 인 반면에, 개선 후 하나의 제품을 생산하기 위해 투입된 총 공수는 1.852(man-hour)로 투입 공수의 절감을 확인할 수 있었다.

<표 2>의 man-hour는 개선 전에는 lot생산 방식에 의한 투입공수 man-hour 시간이며, 개선 후에는 동시작업에 의한 투입공수 man-hour 시간을 나타낸다. 이 결과는 공정재고 과다와 완제품의 과잉생산으로 인한 투입공수의 손실을 줄이고 고객 요구 수량만큼 생산하게 되어 불필요한 공정재고를 없앨 수 있었던 것이 반영된 결과라고 할 수 있다.

<표 1> 개선 전후의 UPH 분석

		가동시간 합계(월)	생산수량 합계(월)	시간당 생산량 (UPH)
개 선 전	3월	186.2	792	4.25
	4월	211.7	944	4.46
	평균	198.95	868	4.36
개 선 중	5~6월	레이아웃 변경 기간		
	7~8월	설비 설정 및 시험 생산 기간		
개 선 후	9월	147.58	727	4.93
	10월	165.83	803	4.84
	11월	141.78	672	4.74
	12월	165.00	814	4.93
	평균	155.05	754	4.86

<표 2> 개선 전·후의 투입 공수(man-hour) 분석

		UPH	단위제품당 작업시간	단위제품당 man-hour
개 선 전	3월	4.25	0.238	2.626
	4월	4.46	0.224	2.464
	평균	4.36	0.231	2.545
개 선 중	5~6월	레이아웃 변경 기간		
	7~8월	설비 설정 및 시험 생산 기간		
개 선 후	9월	4.93	0.203	1.826
	10월	4.84	0.207	1.860
	11월	4.74	0.211	1.899
	12월	4.93	0.203	1.826
	평균	4.86	0.206	1.852



[그림 13] 개선 전·후의 제품 적재

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 기업의 생산성 향상을 위한 방법으로 개선을 통해 공정별 설비 배치에서 제품별 설비 배치로 레이아웃을 변경하여 흐름생산을 가능하게 하였다.

산업용 차량의 연료탱크를 생산하는 국내 C기업에서 진행된 Fuel Tank 용접라인의 레이아웃 변경 사례를 통해 불합리하고 과도하게 배치된 컨베이어의 설비를 변경하고, 흐름 생산을 가능케 하여 용접라인과 도장라인을 11명의 작업자가 하루씩 번갈아가면서 하던 작업을 9명의 작업자가 용접라인과 도장라인에서 동시에 작업할 수 있도록 하는 등의 정성적인 효과를 분석하였고, 또한 개선 전·후의 시간당 제품 생산량을 나타내는 UPH를 비교하여 정량적인 생산성 향상 효과를 확인하였다.

추후 연구로는 레이아웃 변경을 통해 생산성 개선효과 이외에 장기적으로 생산성 향상과 생산안정을 도모하는 방안에 대한 연구가 필요하며, 성과지표로써 품질, 납기, 원가 등의 측면에서 다각적으로 개선효과를 분석하고 개선된 효과를 생산 현장에 적용하는 연구가 필요할 것으로 생각한다.

5. 참고 문헌

[1] 송영주, 이동건, 우종훈, 신중계, 최양렬, “흐름생산 공정에서의 작업 대기시간을 고려한 공정 개선 상한선 도출”, 대한산업공학회 2007년 추계학술대회, 2007.

[2] 오준열, 공정재배치를 통한 생산라인 개선에 관한 연구 S사의 사례를 중심으로”, 청주대학교 석사학위논문, 1997.

[3] 이윤준, “조립형 유연 흐름생산공정의 스케줄링에 대한 연구”, 연세대학교 석사학위 논문, 2000.

[4] 이화기, 성연호, “다품종흐름생산 시스템의 물류개선에 관한 연구”, 산업공학회지, 6권 1호, 1993. 5.

[5] 윤재근, “다품종 소량 생산 기업의 효율적인 설비배치모형”, 경영학연구, 24권 특별호, 1994. 12.

[6] 한상찬, “공업경영학개론”, 경문사, 2001.

[7] Jaydeep Balakrishnana and Chun Hung Cheng, “The dynamic plant layout problem: Incorporating rolling horizons and forecast uncertainty”, The International Journal of Management Science, vol. 37, 2009.

[8] Jing-Wen Li, Simulation study of coordinating layout change and quality improvement for adapting job

shop manufacturing to CONWIP control, International Journal of Production Research, Vol. 48, No. 3, 2010.

[9] Roland Sturm, Joachim Seidelmann, Johann Dörner and Kevin Reddig, “an Approach to Robust Layout Planning of AMHS”, Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003.

[10] S. Benjaafar, “Design of flexible plant layouts”, IIE Transactions, Vol. 32, No. 4, 2000.

[11] Taho Yang and Brett A. Peters, “Flexible machine layout design for dynamic and uncertain production environments”, European Journal of Operational Research 108, 1998.

[12] Taho Yang and Chih-Ching Hung, “Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 23, 2007.

저 자 소 개

유 성 희



인하대학교 기계공학과 학사 취득.
 한양대학교 산업공학과 석사 취득.
 인하대학교 산업공학과 박사 수료.
 현재 중국 청도미성전자유한회사
 법인장(사장)으로 재직 중.
 관심분야: SCM, 경영혁신, 흐름
 화 공장 제조전략, 공정개선 등.

주소: 중국 청도시 성양구 하장가도 화선로 청도미성전자유한회사

이 창 호



인하대학교 산업공학과 학사 취득.
 한국과학기술원 산업공학과
 석사, 경영과학과 공학박사 취득.
 현재 인하대학교 교수로 재직 중.
 관심분야: 물류, RFID, SCM 등.

주소: 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과