

중소기업형 생산 공정 통합 시스템 개발 및 사례



김 두 형
(KIMM 자동화연구부)

'82 서울대학교 기계설계학과(학사)
'90 KAIST 생산공학과(석사)
'82-현재 한국기계연구원 선임연구원



배 성 혁
(KIMM 자동화연구부)

'91 서울대학교 조선해양공학과(학사)
'93 서울대학교 조선해양공학과(석사)
'93-현재 한국기계연구원 연구원

1. 서 론

최근 국내외적으로 금융불안과 대기업 도산에 따른 국내 중소기업의 여건이 날로 열악해 지고 있는 실정이다. 정부에서 중소기업청을 신설하며 중소기업에 대한 지원 강화를 천명하였지만, 중소기업 도산율이 사상 최대를 맞고 있다. 이러한 시점에 중소기업의 생산성 및 경쟁력 강화와 인력난을 해소하기 위한 자동화가 다시 각광을 받고 있다. 근래 대기업을 중심으로 전사적 자원 관리 시스템(ERP: Enterprise Resource Planning) 도입이 시작되면서 많은 중소기업들도 관심을 가지고 있으나 범용적으로 만들어진 시스템을 도입하기는 비용이 엄청나며 각 회사에 맞게 커스터마이즈(customize)하기가 어렵고, 한다 하더라도 유지·보수를 위한 투자가 뒤따라야 한다. 이에 국내의 중소기업 대부분이 단순 자동화율은 상당하지만 전체 공정의 통합이나 이를 통한 관리의 개념이 절실함에도 실행하지 못하고 있는 실정이다.

이러한 중소기업들을 위해서는 첫째 기존 설비를 개선하는 수준에서 통합 시스템을 도입해야 하고 둘째 설비 투자액이 작아야 한다. 또한 이를 통한 인력난과 생산성 확보가 보증되어야만 하는데 이는 자금 사정이 여의치 않은 중소기업으로서 투자액을 단기간에 보상받을 수 있어야 하기 때문이다. 셋째 유지·보수가 용이해야 한다. 기존에 상이한 생산 설비들의 유기적인 통합을 이루어 내기 위해서는 새로운 공장에

시스템을 구축하는 것보다 더 많은 손이 간다. 즉 상이한 시스템을 통합하기 위해 각 설비들의 성능 향상이나 개조가 용이해야 하는데 이는 기존 장비에 적용하기는 어려움이 따른다. 이러한 여러 조건을 만족시키기 위해서는 현재 국내의 범용(汎用)적인 공장자동화 시스템 적용은 무리가 있다. 이에 본 연구에서는 중소기업을 위한 생산 공정 통합 시스템의 여러 방편과 이를 통한 개발 과정 및 개발에 따른 효과를 실제 제조 공장에 적용한 사례를 중심으로 서술하고자 한다.

2. 중소기업형 통합 제어 생산 시스템 개발

2.1 시스템 개요

현재 우리 나라의 자동화 실정은 작업공수에 의한 인건비 대체를 목적으로 기존 line의 설비

중 일부를 단순 자동화하는데 그치고 있다. 물류 파악, 공정 관리 등 체계적인 자동화 개념이 들어 있는 설비 line의 경우, 공장의 신축, 개축 시에 일괄적인 자동화 시스템 적용에 의해 운영된다. 그러나, 자금력이 없는 중소기업의 경우, 공장의 신·개축 시라도, 컨베이어시스템을 주축으로 하며 자동화 기기 들을 공정에 따라 설치하는 일괄 자동화 line을 건설하기는 어렵다. 또, 자동화를 위해 설치된 기기는 그림 1.과 같이 단순 작업을 반복하는 전용기가 대부분이므로 수시로 작업자가 감시해야 하는 불편이 따른다. 이는 현재 우리나라의 중소기업이 자동화를 추구하는 목적인 '인건비 절감 및 생산성 향상'에 도움이 되지 못한다. 또한 현재 국내의 공장 자동화 수준은 개별적인 기기의 자동화는 이루어지고 있으나, 종합적인 수준에서 완전한 자동화는 이루지 못한다는 의미이다. 본 연구는 이와 같은 문제점을 바탕으로, 보다 종합적인 생산 공정 통합을 위한 공장자동화 시스템을 개발하였다.

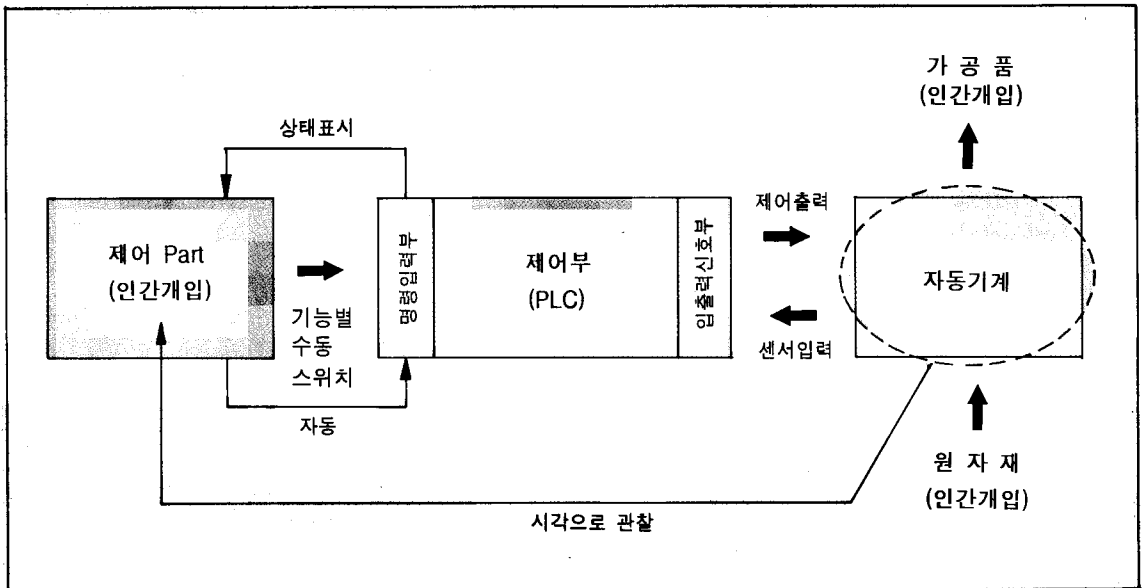


그림 1. 단순 자동화된 단위 기기 개략도

2.2 공장 네트워크(network)

국내 중소기업에서의 통합 공정 관리를 위한 공장 자동화 중 가장 첫 번째로 해야 할 일은 공정 감시·제어 시스템이다. 이는 기존 단독 운용되는 자동화 기기의 신뢰성을 확보하고 실제 공정에 투입된 인적자원을 절감할 수 있다. 이를 위한 단위 공정의 통합화에서는 선결해야 할 문제가 있는데 첫째 단위기계와 통합 감시·제어 시스템 사이의 통신 수단을 설치해야 하고 둘째, 원자재 반입과 가공품 반출을 위한 물류 정보를 관리해야 한다. 또한 기존의 단위 기계에는 각각에 서로 다른 기종의 제어기(예, PLC)라면 유지·보수가 불편하지만, 물리적으로 통합화한다고 해도, 상이(相異)기종이라면 유지·보수 문제는 해결되지 않는다.

이를 위해서는 3가지 방안을 제시 할 수 있는데 이는 그림 2.~그림 4.에서 나타내었다. 그림 2.에 나타낸 방법은 본 개발 시스템에서 사용한 방법인데 현 단위기계 제어 시스템에 수정을 가

하지 않고, 외부에 별도의 supervisor를 설치하여 시스템을 통합화하는 방안으로 제어반 안에 네트워크(network) 구성이 가능한 별도의 제어기를 장착한 다음 필요한 신호들만 선택적으로 연결한다. 이 방법은 다양한 종류의 제어기에서도 공통된 통신 수단을 거치게 되므로 경제적이고, 빠른 시간에 시스템을 구축할 수 있고 기존 제어 시스템의 개조가 불필요함으로 작업 공정의 중단 등 구축시의 위험 부담을 최소화시킬 수 있다. 그림 3.은 통신 기능을 가진 강력한 PLC로 대체하여, 현 시스템의 제어 프로그램을 이식하고, 반송장치 제어용 소프트웨어를 이식한다. 범용 CIM 시스템에 맞게 전체 공정을 개조할 수 있기 때문에 가장 이상적인 방법이지만 단위제어기의 제어 소프트웨어를 재개발해야 하고, 생산을 중단해야 한다. 그림 4.는 통상적으로 해오던 방법대로 물류시스템을 위한 반송장치에 대해 새로운 제어기를 장착하여 사용한다. 이는 단순히 단위기계 배치 인력을 절감할 수 있고 초기 투자비용이 적게 들지만, 인력 절감에 한계가 있어 가장 단순한 자동화라 할 수 있다.

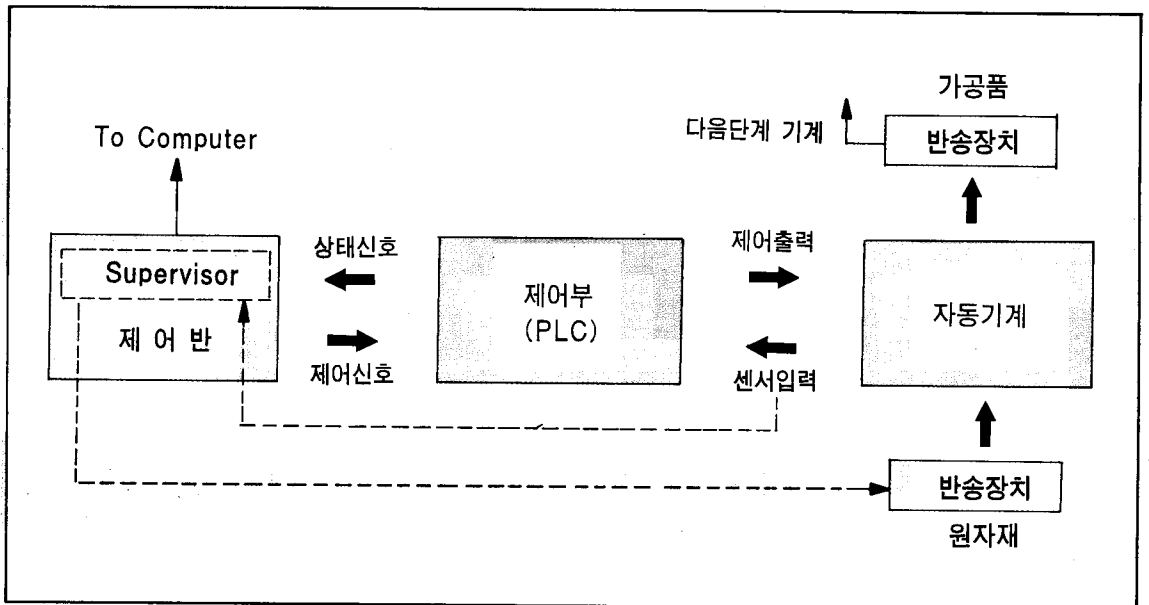


그림 2. 추가 모듈 설치

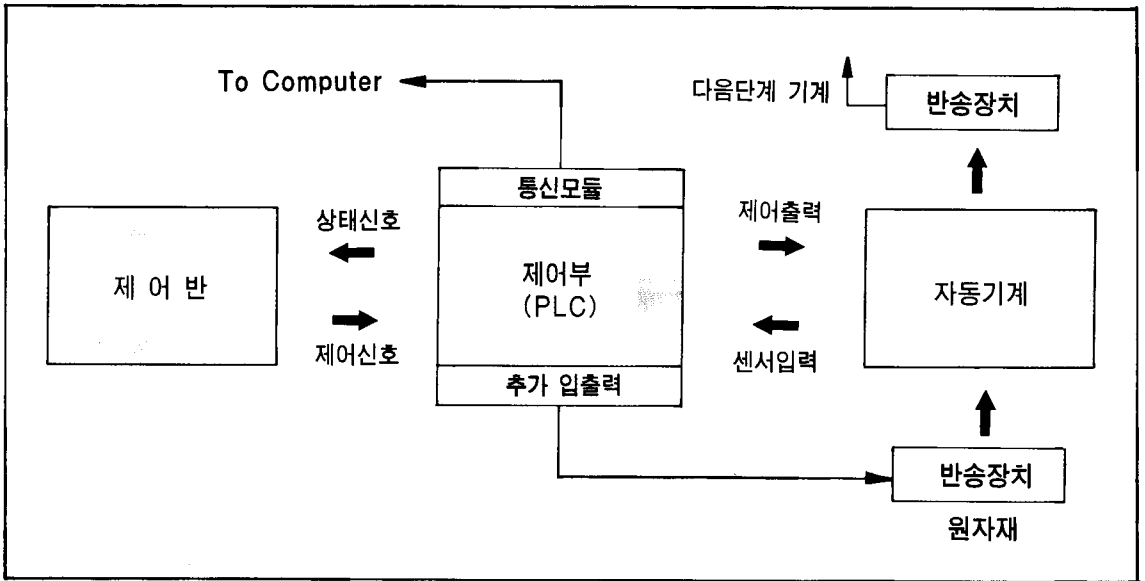


그림 3. 통신 기능을 가진 PLC로 대체

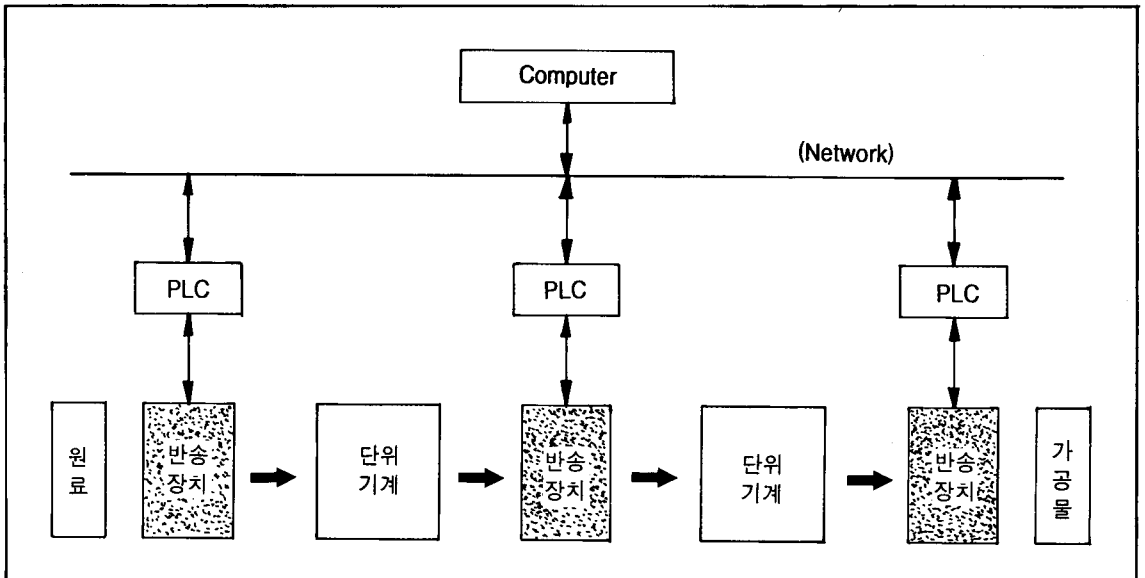


그림 4. 반송 장치에 독립된 제어기 장치

개발 시스템에서는 공정 감시·제어용 제어기를 제작하고 범용 PC와 통신할 수 있게 하였고 공정을 감시·제어할 통합 시스템 컴퓨터는 생산 공정의 제어 및 비정상 상태 경보 및 제어,

시스템 감시 및 생산 이력 정보 저장, 생산 조건 설정 기능을 갖추고 있다.

기기에 부착된 제어기와 통합 컴퓨터 사이의 통신은 RS422을 사용하였다. 표 1.과 같이 선진

국에서는 CIM을 위한 필드버스(field bus)들을 개발하여, 상용화하고, 표준화에 힘쓰고 있다. 하지만 이는 대규모의 공장에서 사용될 수 있도

록 강력한 기능을 갖추고 있지만, 규모가 작은 국내 중소기업에서는 본 연구에서 개발한 필드 버스로도 충분한 성능을 발휘할 수 있다.

표 1. 여러 유형의 Field Bus

Field Bus명	제안국	속도	전송 매질	최대 노드수	통신 방법
FIP	프랑스	Max. 2.5Mbps	동축 cable	64/32768	Token pass
Profi BUS	독일	Max. 500Kbps	동축 cable	32/8128	Token bus
개발 시스템	한국	Max. 200Kbps	일반 RS422	32	Interrupt drive

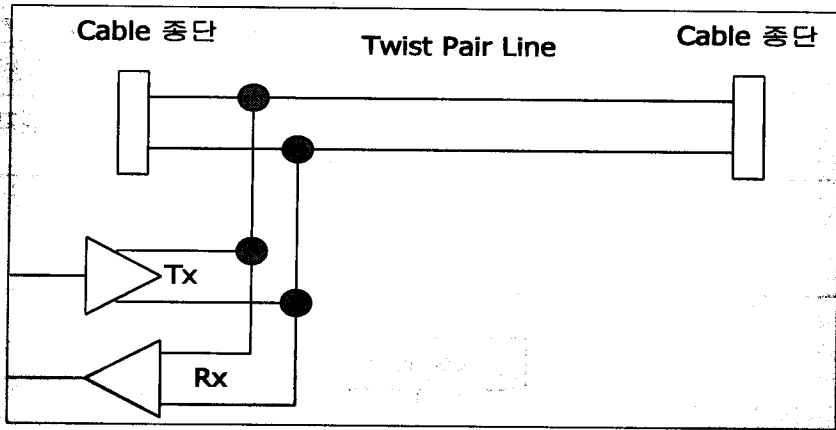


그림 5. 기본적인 multi drop의 bus 연결 모양

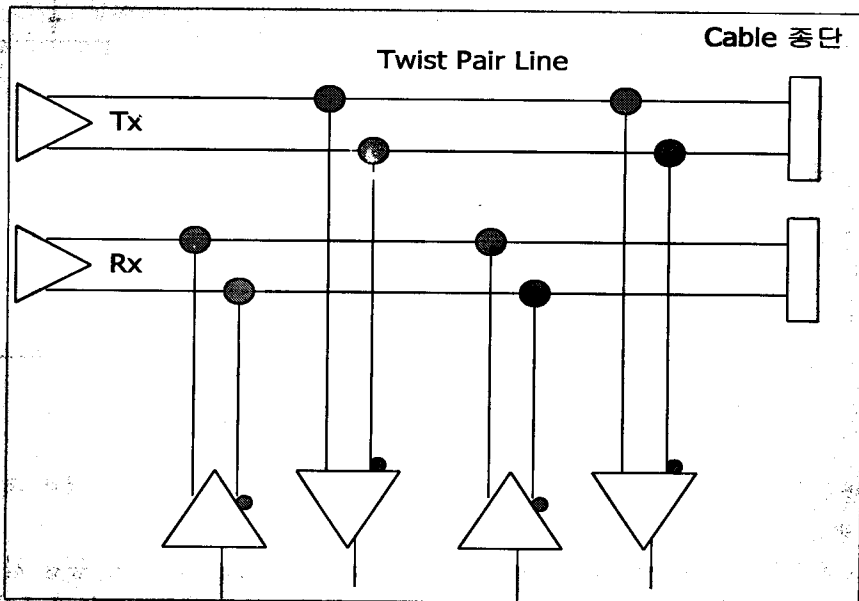


그림 6. 본 연구에서 사용한 multi drop

본 연구에서 사용한 네트워크 특성은 다음과 같다. 통신속도: 200Kbps, topology: bus type, 최대 연결 node 수 : 32, 최대 네트워크 길이 : 2000m, 통신 방식 : master request에 의한 각 node의 response 전송 방식, RS485 변형, multi drop 방식

그림 5.과 그림 6. 같은 topology는 비교적 가격이 저렴하고 간단한 bus 구조인데, 그림 5.과 같은 통상 하나의 bus 선에 여러개의 장비들이 입출력이 맞물려 연결되어 있는 반면, 그림 6.은 마스터(master)의 출력이 각 장치(device)의 입력으로 연결되고, 각 장치의 출력들이 한데모여 마스터의 입력으로 들어가는 구조를 가진다. 이 구조를 사용하면 마스터/슬레이브(master/slave) 구조가 확실하며, 통신 장에서 master에서 통제할 수 있고 broadcast 기능을 쉽게 구현할 수 있다.

그림 7.은 생산 기기에 부착하여 사용하는 실제 제어카드의 사진이다. 이는 통합 제어기와의 통신을 통해 기기 감시 자료 송출 및 제어 프로그램을 수신받아 실행을 담당하게 된다.

3. 권철심 제조 공정 분석

3.1 권철심 제조 공정 소개

1970년대 이후 개발되기 시작한 비정질 연자성 재료는 종래의 연자성 재료인 규소강, 퍼멀로이, 페라이트 등과는 달리 불규칙한 원자 배열 구조를 가짐으로 인하여 결정자기 이방성의 소실, 높은 전기저항, 구조의 균질·동방성 등이 얻어짐에 따라 고투자율 및 저보자력 등의 우수한 연자성 특성뿐만 아니라 고주파에서의 철손이 적어 고주파용 자성 재료로써 주목받고 있

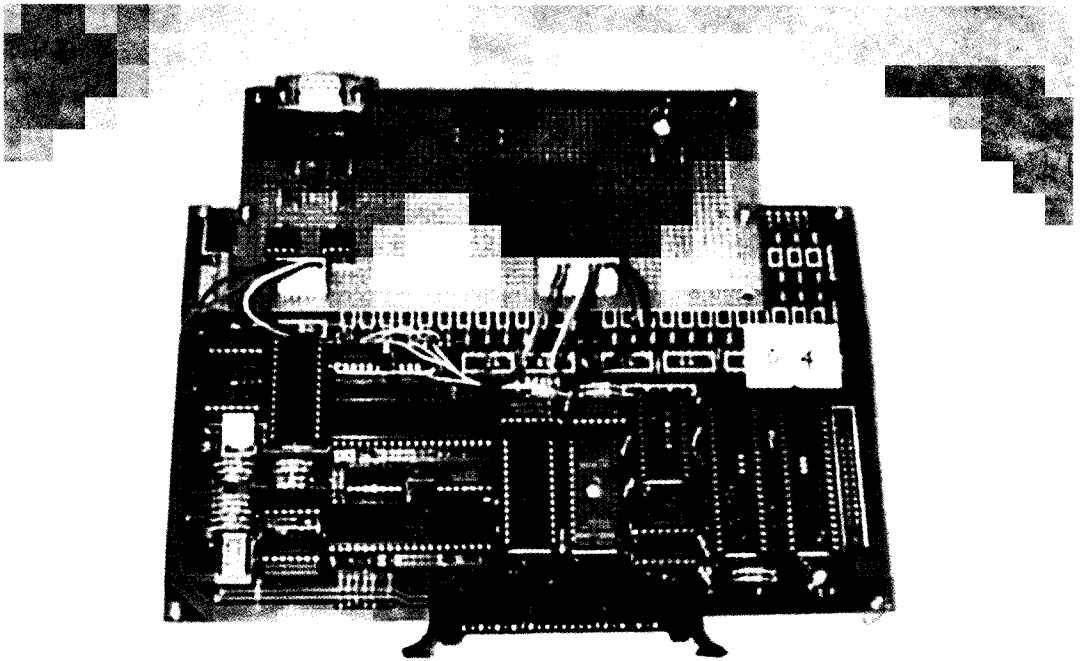


그림 7. 단위기기에 부착된 network 제어 카드

다. 반면, 낮은 점적율, 높은 경도, 열적 불안정성, 상대적으로 높은 자왜, 자장중 열처리의 필요성 등이 해결해야할 문제점들로 지적되어 왔다. 그러나, 가공 및 코어 제조 기술의 발전으로 위의 문제점들이 상당히 해결되어, 현재에는 비정질 프랜스포머 시장이 확대일로에 있다. 현재 미국, 일본, 러시아, 독일 등 선진국에서는 대량 생산 체제를 갖추고 있으며, 많은 응용 분야에 적용되고 있는 실정이다.

국내에서는 (주)유유가 권철심을 제조, 납품하고 있으며, 대만 시장의 점유율을 20% 정도 차지하며, 생산 확대를 기하고 있다. 하지만 현재에는 다른 국내 중소기업과 마찬가지로 신소재 개발과 생산의 노하우가 축적되지 않은 상황에서는 제품의 생산 공정 변화에 의한 불량률 증가와 생산성 감소, 납기 지연 등이 필연적이다. 이에 선진국에 대응하여 생산성 및 가격 경쟁력을 확보하기 위해서는 권철심 제조 공정의 자동화 및 안정된 공정관리가 생산라인에 적용되어야만 한다. 현재, 각 제조 공정의 자동화가 완료되어 생산성은 확보되었지만, 품질 안정성을 위한 생산 노하우의 미(未) 축적과 축적의 어려움, 안정된 공정관리가 적용되지 않아 불량품이 많고, 그에 따른 개선사항을 파악하기가 어려워 가격경쟁력을 확보하기가 어렵다. 또한 신소재를 이용한 제품은 혁신적이지만 시장 선점(先占)이 가장 중요하고 또한 후발업체에 대한 가격경쟁력이 확보되어야만 한다. 이를 위해서는

제품 개발에서 양산까지의 시간 단축이 필수적인데 이를 위해 양산 체제를 위한 생산 조건 분석과 공정 관리는 필수적이라 할 수 있다. 하지만 현재 공장 자동화를 위한 외국산 범용 package software를 적용하기에는 비용 및 적용상의 어려움이 많고, 적용한다 하더라도 운용에 많은 불편한 점이 따르게 된다. 이에 중소기업에 적용가능한 자동화와 생산 공정 관리 기법 및 이를 위한 저가의 공장 Network에 대해 권철심 제조 공정 자동화 적용 사례를 들어 소개하고자 한다.

3.2 권철심 제조 공정 분석

권철심 생산의 전체 제조 공정의 흐름도는 그림 8.과 같다. 우선 원재료인 폭 5.6 inch Ribbon을 제품 생산을 위한 일정 폭으로 절단하는 Slitting 공정을 수행하고, 이를 알맞은 중량과 점적율을 갖게 하는 권취 공정을 거친다. 다음은 철손 등이 안정적으로 얻어지도록 열처리를 한다. 열처리 공정 다음 현 lot에 대한 간이 품질 검사를 수행하여 권취 및 열처리 공정의 제품 생산 조건을 만족하는지를 검사한다. 조립공정은 제품보호를 위한 2차 제품 조립을 수행한다. 마지막으로 제품에 대한 인덕턴스(inductance)를 측정하여 양·불량을 검사하는 제품 검사 공정을 거친 후 포장하여 제품을 출하하게 된다.

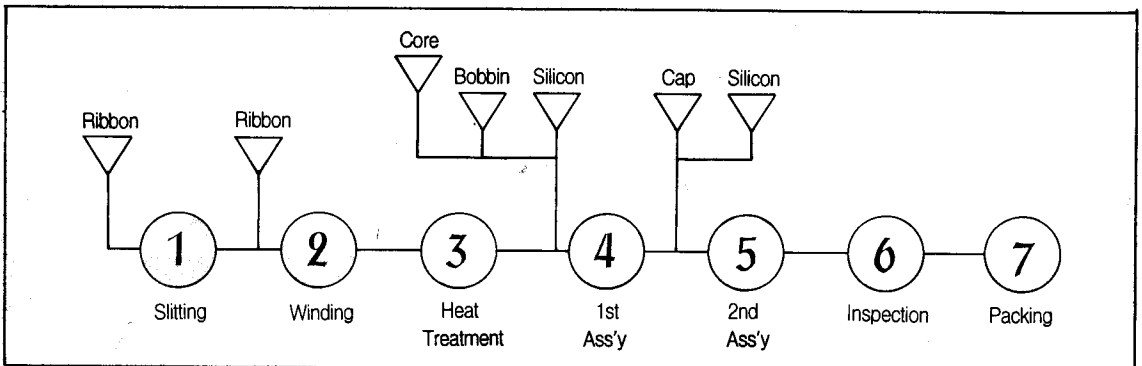


그림 8. 권철심 제조 공정 흐름도

3.2.1 권취 공정

권취 공정에서는 권취시의 장력 조절과 코어의 모양 및 점적율, 권취량 중량 등이 관리 대상이 되지만 장력 조절과 점적율은 상관 관계에 있고, 제품 성질에 아주 큰 효과를 준다. 이에 권취기는 효과적인 장력 조절에 의한 최상의 점적율을 유지할 수 있어야 한다. 생산 공정 상에서는 권취량과 중량이 제품에 많은 영향을 미치므로 생산 관리를 위한 검사 조건으로 회전수와 중량을 감시 및 관리 대상 아이템(item)으로 선정하여, 이를 기준으로 권취 공정의 성능 평가를 실시하게 된다.

3.2.2 열처리 공정

열처리 공정의 가장 큰 효과는 제조 과정에서 생긴 잔류응력(residue stress)의 제거인데, 이러한 과정은 확산(diffusion)현상으로 이해될 수 있다. 열처리 공정의 생산 조건 중 가장 중요한 것으로는 열처리 온도와 시간이다. 이는 재료의 특성과 공정에 감안하여 결정되어야 한다. 따라서 열처리 온도와 시간은 각 온도에서 시간에 따른 자기적 특성을 모두 조사해야 한다. 왜냐하면, 고온에서 단시간 열처리하는 것이 유리할 경우가 있는가 하면, 저온에서 장시간 열처리하는 것이 유리할 수 있기 때문이다. 이를 위해서는 공정 감시 및 이를 분석 적용할 수 있는 시스템을 갖추면 양산을 위한 효율적인 공정 관리 및 관리 기준을 마련할 수 있다.

3.2.3 조립 공정

권철심에 보빈(bobbin)을 씌우는 공정으로 공정에서 제품의 품질에는 영향을 미치지 않지만, silicon의 외부 유출, bobbin 미결합 등 최종 출하 제품 외관에 관련된 사항이므로 기계적인 조립에 의한 불량률 최소화해야 한다.

3.2.4 검사 공정

검사공정은 제품 출하 전에 생산된 제품에 대한 전수검사를 실시한다. 이는 아직까지 전체 공정이 안정화가 되지 않은 생산라인이나 생산 제품 수가 많지 않거나 측정에 소요되는 시간이 작을 경우, 정확한 품질 관리를 요구할 때에 사용한다. 이러한 방법은 양산체제를 위한 생산 조건과 각 공정별 불량 검사를 제대로 시행하지 못하고 있는 실정에서 제품의 품질을 확인할 최후의 수단이다. 하지만 이러한 검사방법은 많은 시간이 필요하게 되므로 생산성에서는 문제점이 많다. 이를 위해서는 생산 공정마다 공정 관리와 품질 검사를 실시하여 사전에 예방할 수 있게 하여야 한다. 즉 품질에 영향을 주는 권취 공정과 열처리 공정의 생산 조건의 변화에 대한 양산 조건 기준을 확립하여 공정 안정성을 피하고 이를 바탕으로 샘플링 검사만으로도 안정된 품질을 확보할 수 있도록 해야 한다.

4 생산 공정 통합 시스템 적용 사례

4.1 생산 공정 통합 관리 시스템

그림 9는 권철심 제조 공정에 적용된 공장 네트워크의 개념도이다. 각 공정별로 단위기계에 추가 제어기를 부착하고 통합 컴퓨터에서 공정 감시, 생산 조건 설정, 생산 관리, 품질 검사 및 공정 분석을 수행한다. 중소기업을 위한 생산 공정 통합 시스템을 적용하기 위해서는 기존의 단순 자동화 기기에 적용하기 위해서는 여러 가지 전제 조건을 만족해야 한다. 즉 PLC에 의해 제어되는 기기는 점점의 연결만으로 쉽게 해결될 수 있지만 열처리 로와 같은 아날로그 신호를 처리하기 위해서는 부가적인 처리가 있어야 한다. 이는 단위 기기에 부착된 네트워크 카드가 수행한다.

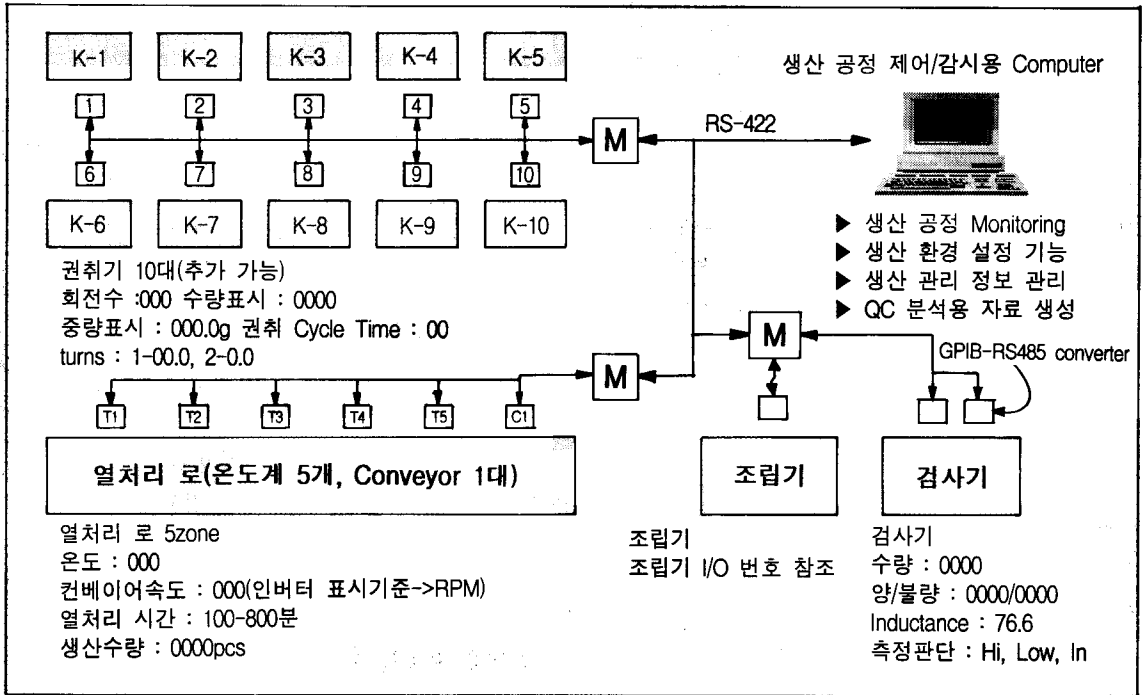


그림 9. 권철심 제조 공장의 감시/제어 시스템 구성도

4.2 생산 공정 관리 시스템

공장에서 생산 기기와의 통신이 가능하게 되면 이를 바탕으로 통합 시스템의 주제어기인 범용 PC의 프로그램에서 각 생산 공정을 관리하는 시스템을 적용한다. 이러한 시스템에서는 생산 공정 감시·제어, 생산 공정 관리 및 평가, 생산 실적 관리가 수행되어야 한다. 이를 위해서는 원재료 관리, 작업 지시 관리, 수주·출하 관리를 Database를 이용한 생산 공정 관리 시스템과의 상호 작용을 구현이 필수적이거나 중소기업에서 이 모든 작업을 동시에 구축하기에는 한계가 있다. 여기서는 생산 공정 관리에 국한해서 설명하기로 한다.

4.2.1 생산 공정 감시 및 제어 시스템

생산 공정 감시·제어 시스템이란 생산 기기의 작업 상태, 실적 등을 작업자가 한번에 판단할 수 있게 일목요연하게 표현하여야 한다. 이

를 바탕으로 현재의 공장 상태와 작업 흐름등을 파악하여 생산 계획을 수립하고, 작업 진도를 예상할 수 있게 된다. 또한 이상 기기의 발견 및 제품 불량 시의 적절한 조치를 취할 수 있게 한다. 그림 10.은 권철심 제조 공장의 감시·제어 시스템을 도시하고 있다.

권철심 제조 공정은 3절에서 소개한 바와 같이 권취, 열처리, 조립, 검사 공정으로 나뉘게 되고 각 공정별로 관리해야할 항목과 현 작업 상태 및 이력을 한눈에 파악 할 수 있게 하였다. 또한 그림 11.과 같이 각 공정의 생산 제품의 특성값의 패턴을 분석할 수 있어 각 제조 기기들의 특성을 한 눈에 알 수 있고, 기기의 성능에 대한 판단을 가능하게 한다. 이를 위해서는 위의 감시·제어 시스템에서 각 제조 기기들의 제조 제품에 대한 측정·검사가 선행되어야 하는데 권취 공정에서는 중량과 권취 사이클 타임(cycle time), 열처리 공정에서는 각 로의 온도와 열처리 시간을 나타내는 컨베이어 속도,

조립 공정에서는 사이클 타임, 검사 공정에서는 인덕턴스(inductance)값, 검사 시간 등에 대한 측정·검사를 하게 된다. 이러한 데이터는 주

제어기의 데이터베이스에 저장되어 차후의 기기 이력과 성능 분석에 쓰여질 수 있다.

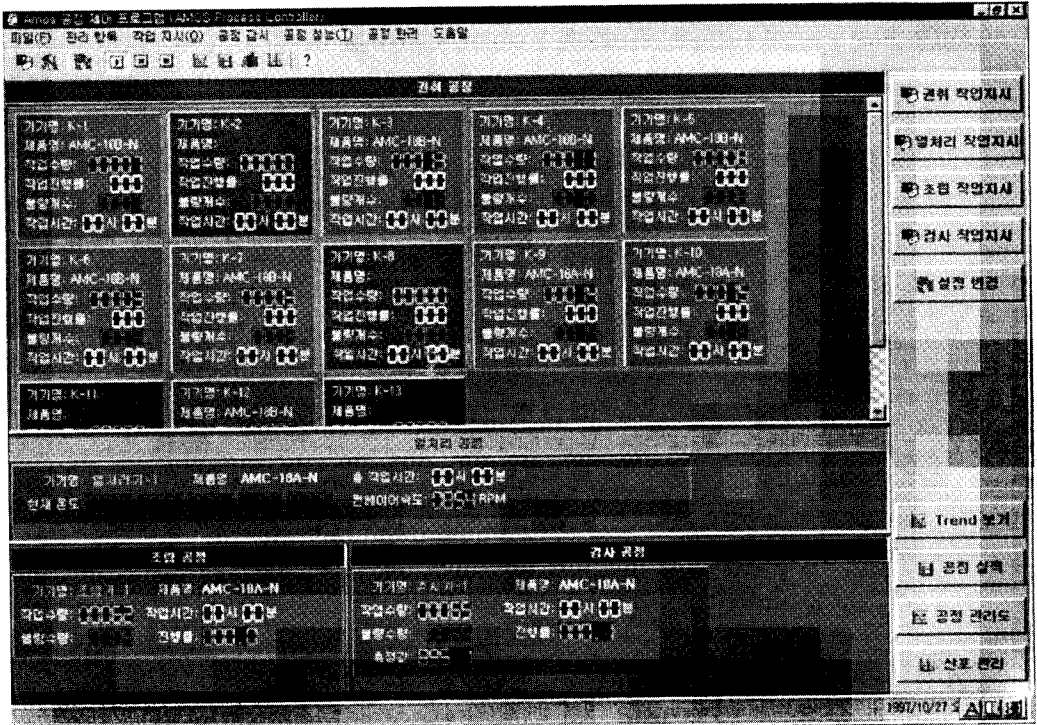


그림 10. 권철심 제조 공정 감시·제어 시스템

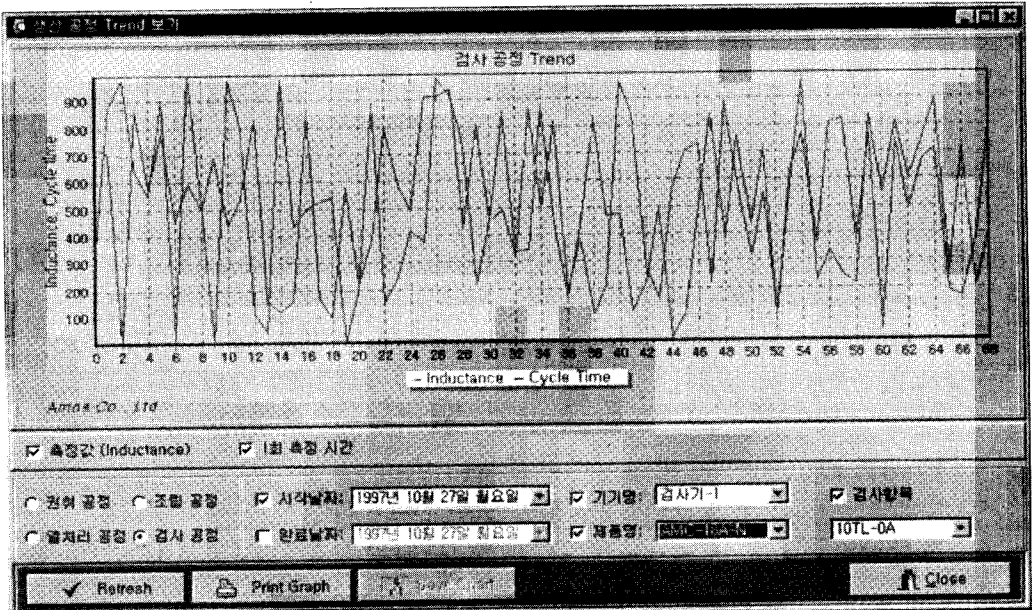


그림 11. 생산 공정 트렌드(trend) 보기

4.2.2 생산 공정 관리 및 평가 시스템

생산 공정의 감시·제어 시스템은 안정되고 생산성 높은 공정 관리를 위해 꼭 필요한 것이다. 감시·제어 시스템에서 얻어진 공정 데이터를 바탕으로 생산 공정 관리·평가를 할 수 있는데 이는 궁극적으로 제품에 대한 품질관리를 각 단위 공정에서 공정 관리·평가 시스템을 도입하여 선(先) 수행함으로써 결과를 미리 예측할 수 있고 이를 바탕으로 불량률을 최소화 시켜 품질을 안정화시킬 수 있다. 이를 위해 공정 관리도와 산포 관리를 통한 생산 공정 관리·평가 시스템을 구축하였다.

관리도란 통계적 방법에 의하여 정한 선, 즉 관리 한계선이 있는 그래프를 뜻하며, 이것을 사용하는 방법을 관리도법(control chart method)라 한다. 이러한 방법은 제품 생산 공정의 안정성을 조기에 판단하여 조치를 취할 수 있게

만든 것으로 공정 상태가 수시로 변화할 수 있기 때문에 인력에 의한 검사 방법은 효율적이지 못하다. 관리도에는 크게 계량형관리도와 계수형 관리도가 쓰이는데 현 공정이 전수 검사를 하는 관계로 계량형 관리도 중 x관리도를 채택하여 사용한다. x관리도는 모든 측정값이 관리도에 표현되므로 공정의 안정 상태 판정 및 조치까지 시간적인 지연이 없는 것이 장점이다. 그림 12.는 검사 공정에서의 인덕턴스(inductance)값을 x-Rs관리도로 표현한 예를 도시하고 있다.

산포 관리 시스템이란 산포 관리를 통해 제품 측정치의 변량을 가지고 공정 능력을 조사·해석하는 시스템이다. 이는 공정이 설비, 원재료, 사람이라는 유기적인 결합체이므로 단순히 설비 문제만을 파악하는 것이 아니라 전반적인 생산 공정의 능력을 평가할 수 있는 방법이 된다. 일반적으로 중소기업에서도 품질관리를 행하고 있

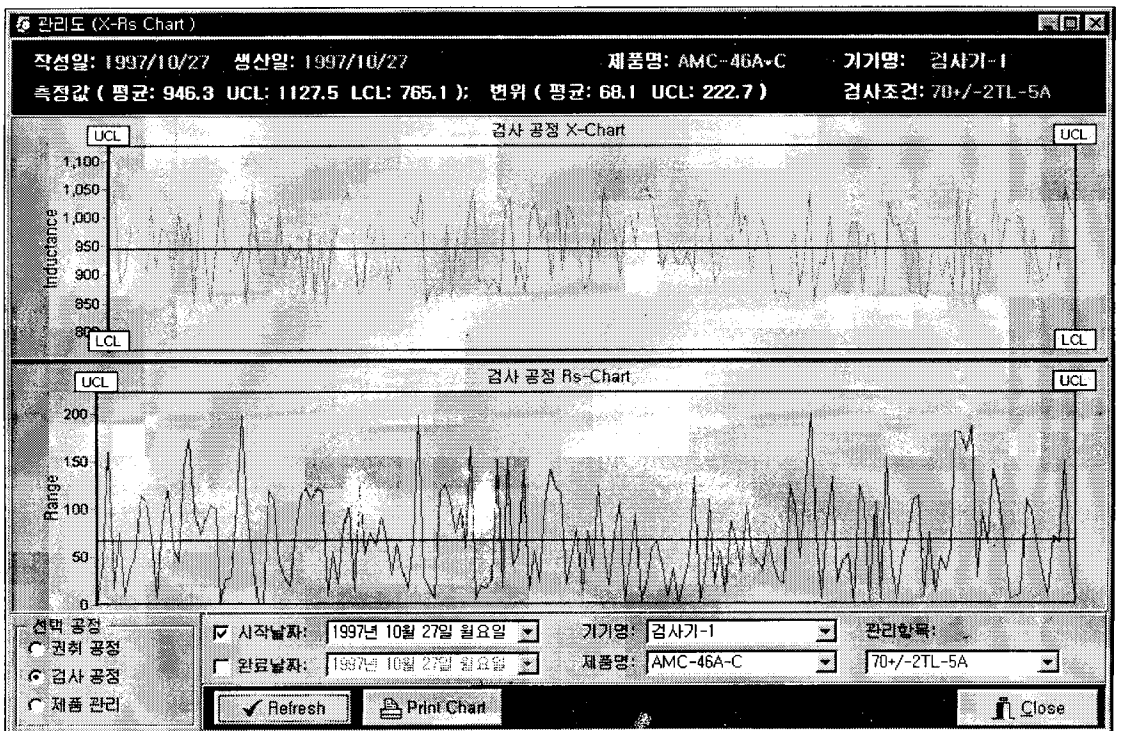


그림 12. x-Rs 관리도

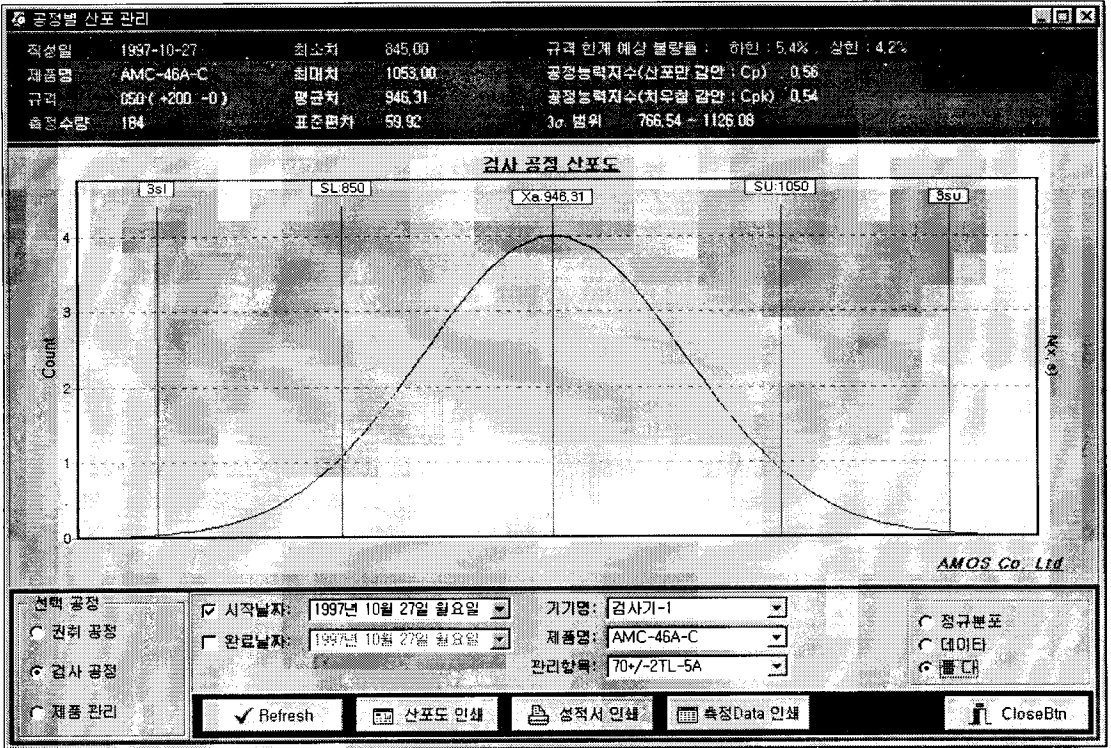


그림 13. 생산 공정 산포 관리

지만 명확한 품질 기준을 확립한 경우 보다는 납품처의 요구조건에 맞추는 수동적인 품질 관리에 만족하고 있는 실정이다. 또한 앞서도 기술했듯이 인력에 의한 측정값을 수기(手技)함으로써 공정상태 및 산포관리를 위한 분석이 제품 생산 후가 될 수 있다. 이러한 비효율을 줄이려면 제품 생산 즉시 제품에 대한 측정이 이루어져 산포 관리를 할 수 있어야 한다. 그림 13.은 이러한 문제점을 제거하여 공정 감시·제어 시스템에서 수집한 생산 공정 데이터를 통해 자동으로 공정별 산포 관리를 수행함으로써 안정된 품질을 생산하는데 기여할 수 있다. 또한 최종 생산 제품에 대해서는 검사 성적서, 출하 성적서 등을 만들 수 있게 하였다.

4.2.3 생산 실적 관리 시스템

생산 실적 관리 시스템은 생산 공정 활동을 통계적으로 분석하여 생산성 향상, 차후 생산 계획, 수주 계획 등 경영측면의 효과적인 데이터를 보여준다. 일반적으로 설비 가동률, 생산 제품 수량, 불량률 등을 파악하는데, 여기서는 각 공정에서의 생산 조건 정보도 요약하여 보여준다. 즉 기기별로는 가동률, 가동시간, 생산조건(예:열처리 공정에서의 온도 및 시간)의 평균 및 표준편차 등을 도출하고, 제품별로는 각 공정별 제품 생산량과 불량률, 측정값의 평균 및 표준편차등을 도출한다. 그림 14.~그림 15.와 같이 실적관리에는 시, 일, 월, 분기, 연도별로 다양하게 분석할 수 있게 설계되어져 있다.

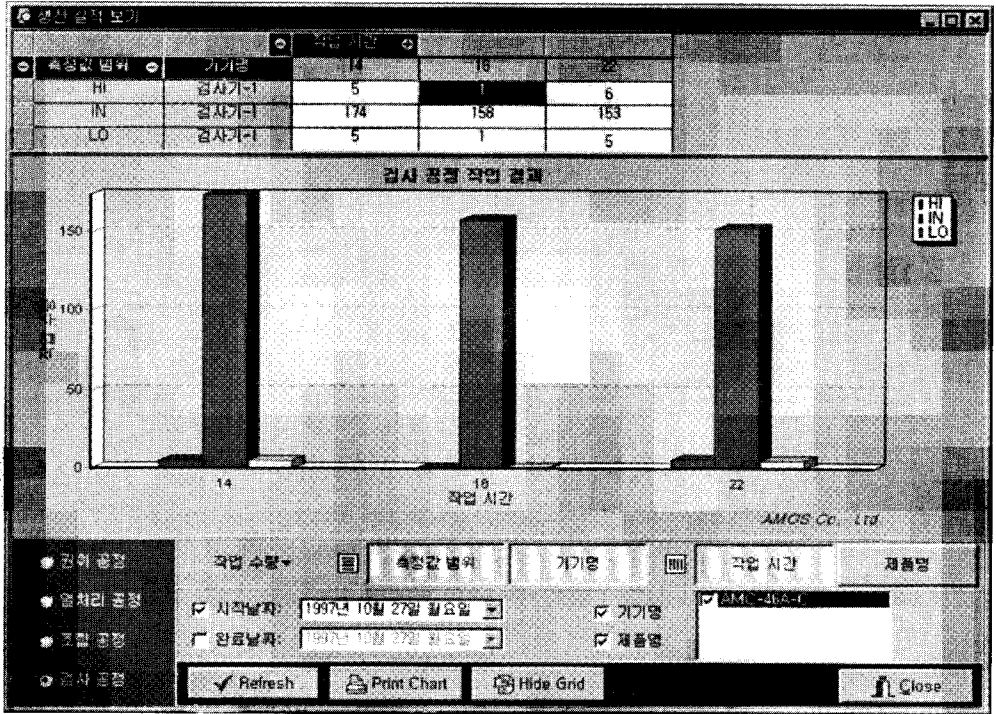


그림 14. 검사 공정의 시간별 검사 실적

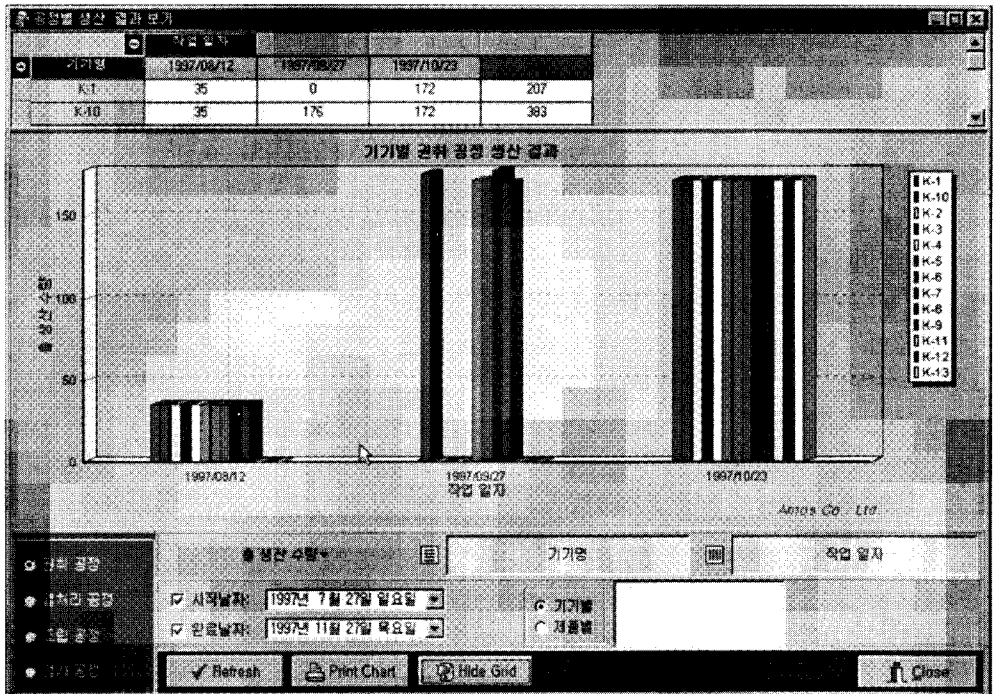


그림 15. 일별(日別) 권취 공정 작업 결과

5. 적용 효과 및 향후 과제

이상으로 중소기업형 생산 공정 통합 제어 시스템의 개발과 적용 사례에 대해 기술하였다. 여기 소개된 개발 시스템은 현재 열악한 중소기업의 생산성 향상과 인력난을 효과적으로 해결할 수 있는 방법이라 하겠다. 적용 사례로 적용한 작업장에서는 제시된 통합 시스템을 적용하여 150%의 생산성 향상과 3교대에서 2교대로 30%의 인력 절감 효과를 보았다. 특히 사례 공장 생산 형태가 전기·전자 소자 부품업체라 실내작업만이 있어 효과적인 관리 운영이 더욱 손쉽게 되었다. 현 공장에서는 야간에는 공장 관리자와 최소 기기 운영자만으로 운영되고 있다. 하지만 아직까지 설비 자체의 완전 자동화가 이루어지지 않아 최소 기기 운영자가 필요하고 앞으로도 많은 개선점이 있지만 초기 투자에 비해 많은 성과를 거두었다.

현재까지는 이러한 시스템을 각 생산 공정에 맞게 커스터마이징된 형태로 개발하여야 하는 문제가 있어 개발자에게 어려움이 따르지만 앞으로 성능향상을 위한 PC-PLC 기기 개발이 완료되면 범용 팩키지 로써 확장성과 범용성을 갖추게 될 것이다.

이제까지 중소기업을 위한 생산 공정 통합 제어 시스템에 대한 개발과 적용 사례를 들었지만 아직까지 중소기업 입장에서 이러한 시스템의 장점을 누구보다 잘 알고 있지만 초기 투자와

기존 설비 여건의 열악으로 도입을 지연하고 있다면 한번 정도 검토해 볼만 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 김두형, 배성혁, 김문경, "권철심 제조 공정 자동화", 기업 수탁 과제 보고서, 한국기계연구원, pp. 2-32, 1997
- [2] 김두형, 배성혁, 김문경, "트랜스포머용 권철심 제조공정 자동화", 과기처 특정연구개발사업 보고서, 한국기계연구원, pp 81-103, 1996
- [3] 김선오, 최동엽, 김두형, "microprocessor를 이용한 중소기업형 공장 감시 시스템 개발", 정밀공학회 추계학술대회논문집, pp 738-742, 1996
- [4] 생산 정보 통산망, 통상산업부, 1995
- [5] "16-bit Embedded Controllers", Intel, 1990
- [6] Matthew Naugle, "Network Protocol Handbook", McGrawHill, pp 8-16, 1993
- [7] David F. Stout and Miltor Kautman, "Handbook of Operational Amplifier circuit Design", McGrawHill, 1976
- [8] "관리도", 한국표준협회, pp 14-33, 1995
- [9] "품질 관리 일반", 한국표준협회, pp 131-147, 1995
- [10] Krajewski, Ritzman, "Operations Management: Strategy and Analysis", pp 158-188, 1994