컴퓨터를 이용한 타이어 自動成型 시스템

기 술 부

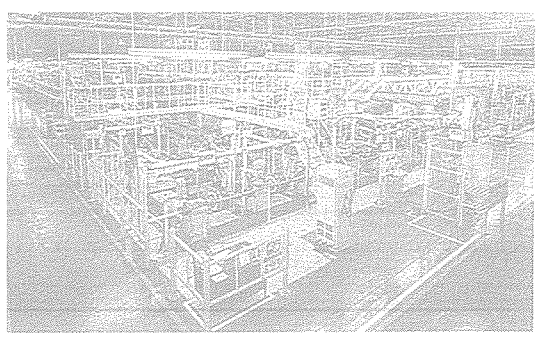
1. 머릿말

최근 타이어산업은 노동인구의 감소와 고령화, 제품의 다양화 및 품질의 고급화 등 여러가지 풀어야 할 과제들을 안고 있다.

지금까지 우리들은 이와같은 과제들을 해결하기 위하여 각종 생산 시스템을 개발하여 왔으나, 전형적인 노동집약형인 타이어 成型工程은 아직도 고도로 숙련된 사람의 기능(skill)에 의존하고 있어 타이어산업의 자동화, 省力化를 하는 데 장애가 되어 왔다.

이번에 Bridgestone에서는 타이어 성형공정을 자동화하기 위하여 재료의 精度 및 그 搬送形態까지 통틀어, 종래에는 분리되어 있던 재료공정과 성형공정을 직결시킨 "타이어 자동성형 시스템"을 개발하는 데 성공했다[1] (그림 1 참조).

이 시스템을 개발하는 데는 사람의 기능을 대신한 로보트 기술 및 시스템을 유기적으로 작동시키는 컴퓨터 시스템과 사람의 눈을 대신해주는 인텔리젠트 센서(Intelligent Sensor) 등 여러가지 컴퓨터 이용기술이 활용되었으며, 이와같은 것들이 이 시스템을 개발하는 데 있어서 성공의 열쇠가 되었다.

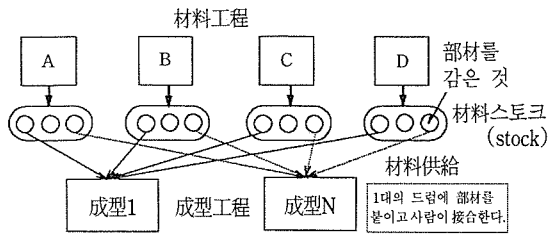


〔그림 1〕 타이어 자동성형 시스템

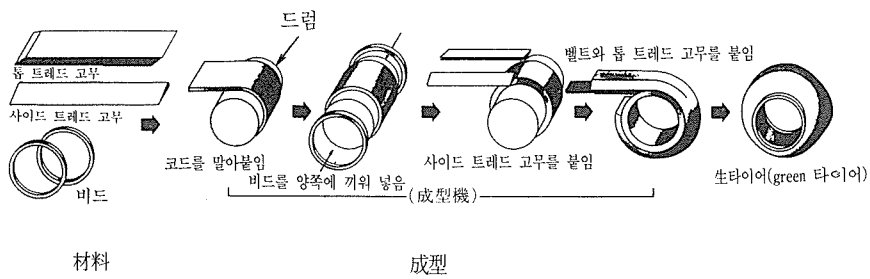
여기에서는 이 시스템을 개발하는 데 활용된 컴퓨터 이용기술 몇가지 사례에 대하여 간단히 설명하고자 한다.

2. 타이어 자동성형 시스템의 개요

타이어는 각종 고무(사이드 고무, 톱 트레



〔그림 2〕 기존공정에서의 재료공정 및 성형공정의 흐름



〔그림 3〕 타이어의 성형공정

드 고무 등), 코드(벨트, 플라이 등), 비드 등 여러 종류의 部材를 成型드럼에 감아 만들고 있다[2](그림 3 참조).

종래에 이 성형공정에서는 하나의 성형드럼에 部材를 공급하는 서버(server)가 많이 있어 이 서버에서 차례로 部材가 나와 이 드럼에 감기며, 그 접합(joint) 부분은 사람의 손으로 맞추어 나갔다. 더우기 이 접합이 타이어의 품질을 좌우하는 중요한 요인이 되며 또한 품질면이나 성형공정면에서 볼때 사람의 손이 많이 가는 작업이다. 이 성형공정으로 搬送되어 온 部材들은 우선 재료공정에서 어느 정도의 길이로 말았던 것으로서, 성형시 이 말았던 것을 풀어 타이어 1개를 성형할 수 있는 길이로 절단하여 사용하게 된다(그림 2 참조).

이번에 개발한 타이어 자동성형 시스템은 성형의 자동화과정에서 발생한 종래의 문제점을 해결하기 위하여,

① 하나하나의 部材를 사람의 손을 빌리지 않고 접합(joint)하기 위한 로보트를 개발한다.

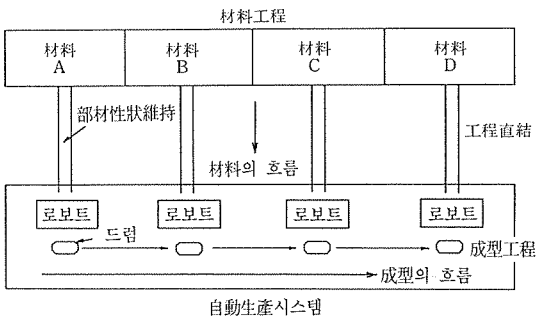
② 위와같은 로보트를 설치할 수 있는 공간을 확보하기 위하여 1개의 드럼을 고정시키는 것이 아니라 여러개의 드럼이 로보트 앞을 지나가게 함으로써 각종 部材를 구분하여 놓아둘 수 있는 장소를 만든다.

③ 종래에 타이어 성형시 部材를 성형드럼에 붙이는 경우 그 영향을 받아 部材가 변형되는데, 이와같이 部材가 변형되지 않도록 하기 위하여 재료공정에서 만든 그대로의 상태로 성형공정으로 보낸다. 즉, 공정을 직결시킨다.

이상의 3가지를 타이어 자동성형 시스템의 주요 骨格으로 하였다.

즉, 高精度의 재료를 만들어 이것을 그대

로 성형공정으로 보내어 로보트가 그 재료를 자동적으로 붙여 접합시키고, 그것을 다음 단계로 이동시켜 다른 部材를 붙인다. 이와 같이 타이어 성형을 사람의 손을 빌리지 않고 자동으로 하는 시스템이다(그림 4 참조).



〔그림 4〕 자동성형 시스템에서의 재료 및 성형의 흐름

여기에서는 재료의 접합을 조정하는 高機能 로보트, 재료를 로보트에 적시(just in time)에 공급하는 同期生産 시스템, 또한 이와같은 대규모 시스템을 안정적으로 가동시키기 위한 稼動管理 시스템 등이 자동성형 시스템에 있어서 컴퓨터 이용기술의 주요 핵심이다.

3. 타이어 자동성형 시스템에서의 컴퓨터의 역할

〈표 1〉에는 전체 시스템에 필요한 기능과 이에 대한 컴퓨터의 역할이 나타나 있는데, 그 역할은 기본적으로 다음의 3가지로 크게 분류할 수 있다.

a. 로보트 기술

이 기술은 말할 것도 없이 사람이 타이어를 성형하는 기술을 대신하는 것으로서, 취급하기가 매우 어려운 미가황고무를 성형드럼에 붙이는 것이다. 여기에서는 이에 대한 설명은 생략한다.

〈표 1〉 전체 시스템과 컴퓨터의 역할

전체 시스템에 요구되는 것	예상되는 문제 또는 필요기능	컴퓨터 기술의 역할
1. 成型의 自動化	• 사람의 경험, 직감력, 손을 대신해 주는 기능	• 로보트 기술
2. 直結化	• 서브 시스템(sub-system)의 고장(down)이 전체에 곧바로 波及 • 정보의 直結化 필요	• 시스템 고장의 조기 발견 모니터 시스템(monitor system) • 컴퓨터 네트워크(network) 시스템
3. 多品種 小量生産	• 재료와 성형의 교체시기의 同期化 • 정보자료의 자동교체	• 工程間의 同期生産 • 컴퓨터 네트워크 시스템
4. 高精度, 高品質	• 高精度制御 • 사람의 눈을 대신하는 체크(check) 기능	• 로보트 기술 • 인텔리젠트 센서(intelligent sensor)
5. 작업의 질 개선	• 사람의 작업을 감시 중심으로 한다. • 장비의 유지·관리(maintenance)를 도와주는 기능	• 가동관리 시스템 • 플로차트(flow-chart)형 시퀜스(sequence) 언어

b. 전체 컴퓨터 시스템

앞의 시스템 개요에서 설명한 바와 같이 이 시스템은 直結化하는 것인데, 기계적으로 直結化시키는만큼 그 기능이 결합되어 있지 않으면 전체적으로 성능을 발휘할 수 없다. 이와같은 의미에서 각각의 기능을 분담하는 컴퓨터의 유기적인 결합이 필요하다. 그렇게 하기 위해서는 아래로는 센서, 제어장치로부터 위로는 전체를 통괄하는 컴퓨터에 이르기까지 일관된 시스템이 필요하다.

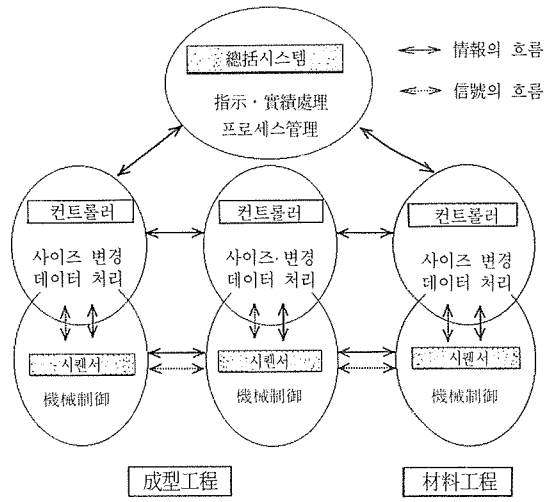
c. 안정적인 가동을 위한 컴퓨터의 이용기술

이 시스템은 여러가지 공정을 직결시킨

시스템이다. 이와같은 시스템은 우리들이 알고 있는 바와 같이 각각의 서브시스템(subsystem)의 고장(down)이 전체에 파급되어 설비의 신뢰성을 유지하기가 어려운 경우가 있다. 따라서 이 시스템의 약점을 커버할 수 있는 기능을 첨가시킴으로써 이 시스템을 안정적으로 가동시키는 것이 매우 중요하다. 이와같은 것도 컴퓨터의 중요한 역할 가운데 하나라고 생각한다.

4. 전체 컴퓨터 시스템

전체 컴퓨터 시스템의 구성은 다음과 같이 나눌수 있다(그림 5 참조).



〔그림 5〕 전체 컴퓨터 시스템

(1) 상위 총괄 컴퓨터 시스템

생산실적처리, 프로세스(process) 관리처리, 각 공정의 同期生産, 지시 및 감시 등을 한다.

(2) 컨트롤러(controller)

각 재료공정, 성형공정에 설치되어 규격(size)의 자동교체처리, 생산실적집계 및 그 밖의 일을 한다.

(3) 시퀜서(sequencer ; PC-Programable Controller)

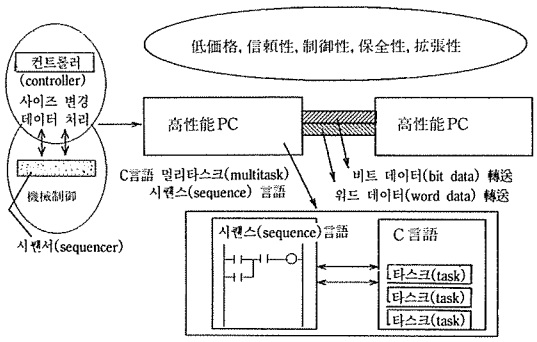
각각의 기계에 설치되어 있으며, 이 기계 밑에는 모터 제어, 위치 제어 유니트, 센서류가 접속되어 있다. 이 시스템에서 중추적인 부분에 해당되는 것은 위의 (2),(3)이다. 이 컨트롤러부와 시퀜서부는 상호 "신호의 교환", "정보의 교환"을 많이 한다. 또한 이 부분의 하드웨어(hard ware)도 수십대에 달한다. 때문에 이 부분의 구성을 어떻게 하면 간단하게 하면서(simple) 신뢰성을 갖게 할 것인가 하는 것이 이 시스템의 주요 포인트이다.

이와같은 생각을 토대로 이 하드웨어가 갖추어야 할 기능으로서 低價格, 高信賴性, 制御性, 네트워크性을 중시하여, 다음에 설명하는 바와 같이 고성능 PC를 사용하고, 전체적으로 통일 시스템을 구축하였다.

4.1 고성능 PC(Programable Controller)

이 PC의 특징의 하나로서 컨트롤러부(정보처리후)와 시퀜서부(기계의 동작제어)를 하나의 하드웨어로 실현시킨 점이다. 즉, 이 PC에는 리얼타임(real time), 멀티타스크 모니터(multitask monitor)가 들어 있는 PC 본래의 시퀜스 제어언어뿐만 아니라 C언어 및 FA-BASIC 언어가 멀티타스크로서 하나의 PC상에서 실행되는 형상으로 되어 있다(그림 6 참조).

예를 들면 기계제어중에 데이터演算, 처리가 필요한 때에는 타스크쪽에 그 처리를 이관하고, 결과만을 알아내는 제어도 할 수 있다.

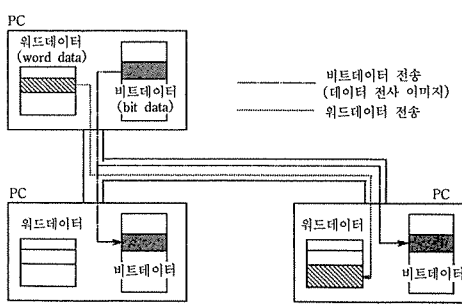


〔그림 6〕 고성능 PC

또한 제2의 특징으로서 이 PC의 PC간의 네트웨크를 들 수 있다. 이 네트워크에서는 동일 케이블상을 아래의 두가지가 동시에 흐르고 있다(그림 7 참조).

1) 기계 인터록(interlock) 신호와 같은 비트데이터(bit data)
2) 머신데이터(machine data)와 같은 워드데이터(word data)

1)은 비트데이터의 轉寫 이미지(image)로서 공통 영역(area)을 각 PC가 공유하여, 1대의 PC상에서의 비트데이터의 점멸(on · off)이 시시각각 다른 PC상의 영역에 반영되는 형태로 되어 있다. 2)는 대량의 워드데이터가 필요에 따라 임의의 PC 메모리상에



〔그림 7〕 PLC에서의 데이터 전송 이미지(image)

전송된다. 이 두 종류의 전송에서는 컴퓨터 이용자(user)측에서 특별한 소프트(soft)가 필요없기 때문에 컴퓨터 이용자는 이것을 의식하지 않고 사용할 수 있다고 하는 잇점이 있다.

이와같은 PC를 채용함으로써 신호 및 정보의 교환이 줄어들어 간단하게 코스트 퍼포먼스(cost performance)가 좋은 시스템을 구축할 수 있게 되었다.

4.2 플로차트(Flow chart)형 시퀀스(Sequence) 언어

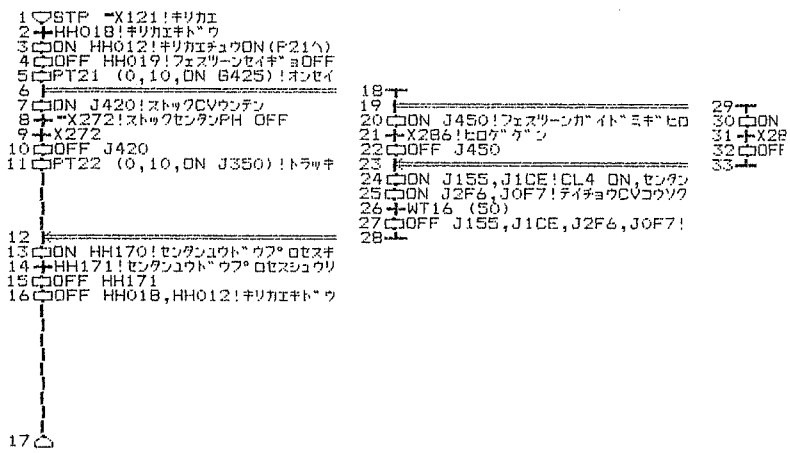
타이어 제조현장에서는 매일같이 품질향상 등의 개선이 이루어지고 있는데, 이 시스템에서도 이와같은 개선이 이루어지고 있다. 그 중에서도 특히 개조시 기계제어 시퀀스 언어의 변경이 쉽기 때문에 잘 잊어버리는 경향이 있다.

PC의 탄생과 함께 시퀀스 언어로서 리레이 심볼(relay symbol)에 의한 래더(ladder) 회로가 주류를 이루고 있는데, 이 시스템과 같이 대규모 시스템으로 됨에 따라 그 한계도 분명하게 되었다.

그 단점으로서 아래와 같은 것을 들 수 있다.

1) 소프트가 복잡해지게 됨에 따라 설계자 이외의 사람이 읽고 안다는 것이 불가능하다.
2) 설계자의 技量에 의해 성과가 좌우된다.
3) 설계효율이 나쁘다.

최근 이 래더 시퀀스(ladder sequence) 대신 새로운 언어로서 SFC(sequential function chart)라고 불리는 플로차트형 언어가 등장하였는데[3], 이 시스템에서도 일부 채용하여 좋은 결과를 얻었다. 〔그림 8〕에 나타난 것과 같이 이 언어는 종래의 래더 언어와



〔그림 8〕 시퀜셜 펑크션 차트(sequential function chart)

같이 기호의 표현이 아니라 기계동작의 표현에 가깝기 때문에

1) 이해하기 쉬운 프로그램이다.
2) 설계효율이 좋고 시운전기간이 짧다(도면매수 약 1/10).
3) 프로그램 그 차체가 동작을 나타내는 다큐멘트(document)로 되어 있기 때문에 전기기술자 이외의 사람도 이해하기 쉽다.
4) 고장진단 시스템의 전개가 가능하다.

등의 장점이 있기 때문에 앞으로 FA(factory automation)에 있어서 중요한 기술이라고 생각된다.

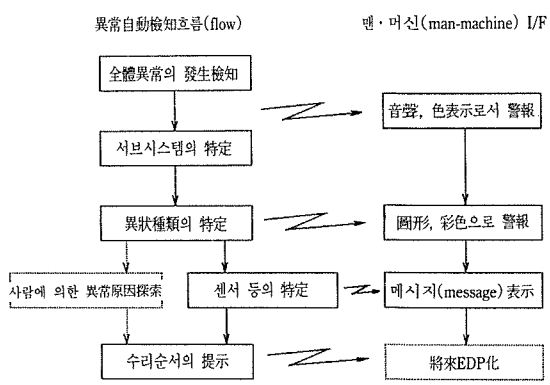
5. 안정적인 가동을 위한 컴퓨터의 이용 기술

시스템이 개선되면 개선될수록 이 시스템이 안정적으로 오래동안 가동되지 않으면 시스템 그 자체의 가치도 반감된다. 그러나 시스템의 규모가 커지면 커질수록 구성하는 서브시스템(sub-system)도 증가하고, 요구되는 기능도 고도화되며, 구성부품도 많아져서 안정가동이 어렵게 된다.

이 시스템에서도 이와같은 안정가동문제가 대두됨에 따라 직결화와 함께 안정가동을 위한 여러가지 서포트(suport) 기술 및 체제를 도입하고 있다.

5.1 이상 모니터 시스템(monitor system)

안정가동을 하기 위해서는 어떻게 설비의 다운타임(down time ; 不稼動時間)을 짧게 할 것인가 하는 것이 무엇보다도 중요하다.



〔그림 9〕 이상 모니터 시스템(monitor system)의 사고방식

현재 다운타임(설비의 불가동시간)은 다운타임＝이상발견시간＋이상수리시간이다. 수리시간은 시스템의 규모에 관계없이 거의 일정한 것으로 생각되지만, 이상의 발견에 대해서는 시스템의 규모에 비례하여 그 시간도 길어진다.

이 시스템에서는 이 이상발견시간을 단축시키는 것을 목적으로 하여 그 서포트 기술로서 이상 모니터 시스템을 도입하였다(그림 9 참조).

(1) 이상의 자동검출

여기에서 고려하여야 할 사항은,

① 전체 시스템의 이상발생을 알 수 있을 것.

② 이상발생의 서브시스템을 특별히 지정할 수 있을 것.

③ 서비시스템의 이상분류를 특별히 지정할 수 있을 것(기계계통, 전기계통, 재료계통 등).

④ 센서, 액튜에이터 레벨(actuator level)에서 고장 등을 특별히 지정할 수 있을 것.

이상과 같이 계층구조의 차례로 검출한다. 또한 이 경우 자동검지의 레벨로서는,

① 일정시간 기계가 동작을 멈춘 상태의 검지

② 제어기기의 고장

③ 센서의 이상

④ 재료반송상태의 불량

등이며, 또한 자동검지 레벨은 각각의 서브시스템을 제어하는 PC로서 항상 감시하고 있다.

(2) 맨·머신 인터페이스(man·machine interface)

자동검지된 것을 사람에게 알려주어 속히 고장수리를 할 수 있게 하기 위하여, 사람에게 알려주는 형태를 아래와 같이 정하고 있다.

① 대분류에 대한 알림은 음성, 색표시를 사용한다.

② 상세한 것에 대한 알림은 메시지(message : 文字)로서 한다.

③ 이상을 알려줄 뿐만 아니라, 그 수리방법도 나타낼 수가 있다.

위와 같은 것을 고려하여 이상 모니터 시스템을 구축하였지만, 중요한 것은 신속하게 고장수리를 하는 것이다. 또한 현상, 센서, 액튜에이터 레벨 등의 요인을 특정할 수 있는 부분은 특히 중요한 설비에 한정되어 있다.

5.2 가동관리 시스템

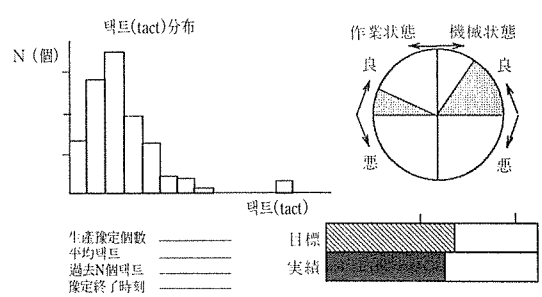
안정가동을 위한 또 하나의 서포트 기술로서 가동관리 시스템을 들 수 있다. 이것은 가동상태를 리얼 타임(real time)으로 파악할 수 있고, 또 그 정보를 토대로 시스템의 개선지침이 될 수 있는 데이터를 얻을 수 있다.

(1) 가동상태 표시(그림 10 참조).

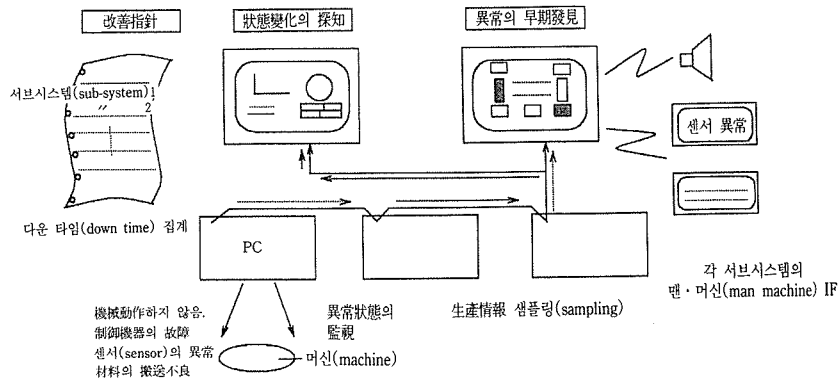
이것은 기본적으로 시스템의 상태가 보통과 다르다는 것을 빨리 탐지하는 데 주안점을 둔 것으로 그 내용은 다음과 같다.

① 생산 택트(tact) 분포표시

② 생산목표와 실적표시



〔그림 10〕 가동관리 시스템 화면



(그림 11) 안정가동을 위한 컴퓨터의 이용기술

③ 재료의 생산상황

④ 고장수리상황(하나하나의 고장수리시간이 얼마나 소요될 것이라는 것이 나타났는가)

위와 같은 데이터에 대해서는 리얼타임에 수집되고, 그 표시형식에 대해서는 전부 도형으로 표시하여 사람이 용이하게 판단할 수 있도록 하고 있다.

(2) 불가동시간 분석

시스템을 개선하는 한 방법으로서 먼저 이상 모니터 시스템과 연동하여 각각의 서브시스템의 다운타임을 집계(다운된 횟수와 누적시간)하여 정기적으로 프린트 아웃(print out)하고 있다. 이와같이 함으로써 많은 서브시스템중에서 어느 시스템에 문제가 있는가를 판단하여 개선할 수가 있다.

더우기 이 두가지 정보는 온라인(online)으로 기술센터에 보내져 공장과 설계자가 공동으로 개선하게 된다.

6. 결 론

이번에 타이어 자동성형 시스템에서의 컴퓨터 이용기술의 한 부분을 소개했다. 지금까지 타이어의 자동성형은 타이어산업에서 가장 중요한 과제의 하나였다. 이와같은 과제를 해결하는 데 있어서 최근의 전자공학(electronics)의 발전이 크게 기여했다. 앞으로도 공장자동화(FA)는 계속되지 않으면 안될 것이며, 이에 따라 컴퓨터 기술을 습득하지 않을 수 없게 되었지만, 그것은 어디까지나 수단에 불과하며, 그 이용기술면에서 어떤 방법으로 효과적으로 이용할 것인가를 연구하는 것이 중요할 것으로 생각된다. 그런 의미에서 본다면 이번의 시스템 구축에 있어서도 아직 활용할 수 있는 분야가 많이 있어, 앞으로도 계속해서 개발하여야 할 것으로 생각된다.

〈참고문헌〉

1) 五十川広：月刊タイヤ, 24, 6, P14(1992)
2) 服部六朗：タイヤの話し, 大成社(1988), P126
3) 桑原博道：オートメーション, 33, 7, P11(1988)

자료：(株) Bridgestone 生產시스템開發企劃部
主任部員 大橋隆夫
(日本ゴム協會誌, 1993. 6)
번역：李源善/協會 理事