

방진고무 생산공정의 실시간 모니터링

정광조*(한국기계연구원 자동화연구부), 임선종(한국기계연구원 자동화연구부)

Real-Time Monitoring for Automobile Rubber Parts Manufacturing

G. J. Chung(Automation Eng. Dept., KIMM), S. J. Lim(Automation Eng. Dept., KIMM)

ABSTRACT

The paper describes the contents and results of the national project named "Development of Computer Integrated Product Design for Automation Equipment". It is focussed on the real-time control & monitoring of manufacturing process for automobile rubber parts. Automobile rubber parts industry is one of the typical process that highly depends upon manufacturing facilities and equipments. So, it requires high cost and engineering technology on plant implementation. But most companies of rubber parts industries are small or mid companies that have weak abilities for plant implementation properly and systematically. Therefore, for upgrading the level of automation, it is necessary to develop the computer based management and monitoring system that enables to build-up the common base of automation and systemization.

Through this project, we developed low cost real-time monitoring system for banbury mixing process & mold injection process of rubber parts manufacturing, that is composed with DDCU(Distributed Digital Control Unit), signal interfaces to gathering monitoring terms and specially developed functional software including some algorithm for management & process monitoring.

Key Words : Automobile Rubber Parts (자동차용 고무부품), Banbury Mixing Process (고무혼련공정), 고무사출공정(Rubber Injection Molding Process), 실시간 감시(Real-Time Monitoring), Distributed Digital Control (분산제어)

1. 서론

자동차용 타이어 및 방진고무 등 고무류 부품의 생산공정은 Fig.1과 같이 고무원재료에 소량약품을 배합(혼련 및 소련)하여 특징을 결정하고 고무특성의 안정화(숙성공정)를 거쳐 고무사출기에서 준비된 철재부품과 결합, 사출시켜 완성품을 만드는 비교적 단순한 제작과정을 거친다.

정유, 철강공정과 마찬가지로 전형적인 공정집약형의 프로세스 산업으로 생산기술이 설비의 의존도가 매우 높아서 이들 설비에 대한 자동화 및 무인화의 수준에 따라 생산원가 및 품질이 좌우된다. 또한 대부분의 설비는 Plant 단위보다는 개별 설비/기기의 조합으로 이루어지기 때문에 이에 따른 일관된 자동화의 개념수립이 어렵다.

고도화된 자동화를 구축하기 위해서는 plant 단위의 자동화 핵심설계기술이 도입되어야 하고 이에 따른 도입 비용 및 구축비용이 과다하다.

그러나 자동차 부품 등 고무산업은 대부분 중소

기업에서 주도하고 있기 때문에 국내에서는 체계적인 엔지니어링의 경험이 부족하다.

따라서 본 과제는 자동차용 방진고무부품을 전문으로 생산하고 있는 참여기업 대흥공업의 생산라인을 대상으로 공정 내 이질적인 각종 생산설비를 컴퓨터로 통합화하고 현재 국내관련기업의 수준 및 상황에 맞는 최적의 관리 및 모니터링 기능을 개발하여 자동화의 수준을 제고하기 위한 전반적인 공정의 합리화/최적화방안을 도출하여 3D업종에 대한 인력난을 완화하고 원가절감 및 품질향상을 도모하는데 그 목적을 두고 1단계 사업이 3년간 수행되었고 그 결과로 전사 통신망을 기반으로 한 전 생산공정의 생산공정 관리 및 모니터링시스템을 구축하였고 2단계사업을 통하여 핵심공정인 혼련공정과 사출공정을 대상으로 작업자의 입력에 의존하지 않고 분산제어기를 이용하여 실시간으로 생산관리정보를 얻어 현장작업정보를 좀더 의미있게 반영할 수 있는 실질적인 관리 및 모니터링시스템의 구축 방안을 실현하였다

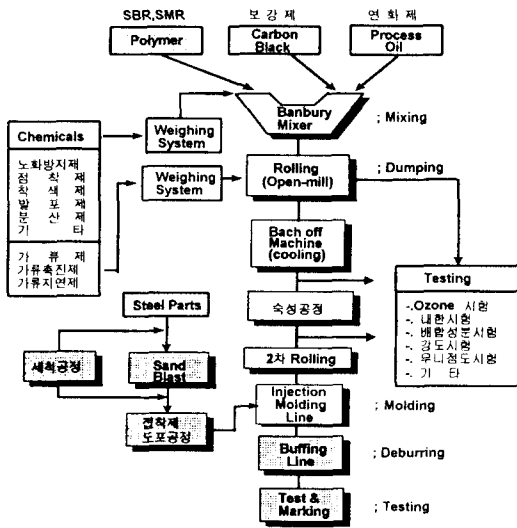


Fig. 1 Flow Diagram of Automobile rubber parts manufacturing process

2. 실시간 모니터링시스템 개요

본 과제에서 수행한 고부부품 생산공정에 대한 실시간 관리, 모니터링시스템은 Fig. 2와 같이 분산제어를 기반으로 하는 실시간 Data Acquisition System을 구축하고 이를 고부부품 생산공정의 관리/모니터링시스템과 Network 상의 연결기능을 구축, 활용하는 것이다.

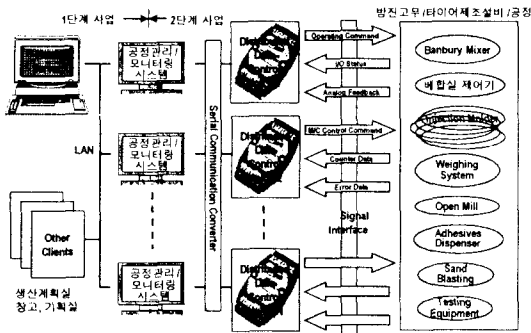


Fig. 2 실시간 제어/모니터링 시스템 개념도

참여기업과 같이 비교적 영세한 공정구조를 갖는 중,소규모의 기업에서 공정의 정보화와 CIM의 구축의 전 단계로 저가의 PC가 client가 된 분산제어형이 효과적이지만 각종 이종의 기계류와 센서를 직접 접속하기에 부적절하고 기능대비 가격부담이 크다. 그러므로, data의 입출력에 필요한 기본 interface 기능과 통신기능 중심으로 최적화된 분산제어형 data 제어시스템(DDCS)을 이용하면 CIM의

구축에 능동적으로 대처하고 효율적이고 저가적인 경제성 높은 시스템 구축을 가능케 한다.

분산제어기를 이러한 간이형 CIM에 적용할 경우 다음의 효과를 기대할 수 있다.

- 1) 소형 경량화된 저가격의 네트워크 구축 용이
- 2) 네트워크 Interface 용이
- 3) 센서 Data 전송효율의 제고
- 4) 다양한 센서, 표시장치 등의 Interface 용이

3. 혼련공정 실시간 모니터링

3.1 개요

분산제어의 응용에 기반하는 혼련공정의 실시간 모니터링 시스템은 Fig. 3과 같은 분산제어장치 (Distributed Data Control Unit)를 이용한 H/W를 구성하고 실시간으로 Batch단위의 공정정보를 수집하는 실시간 공정모니터링 기능을 실현한다.

Monitoring을 위한 Item의 선정은 Banbury 공정을 대변할 수 있는 대표적인 공정신호와 운전상태 신호 군으로 최소화하여 다음과 같이 선정하였다.

- 1) Banbury Mixer의 공정신호
 - * Mixing Start/Stop/Wait 신호
 - * 각 Mixing Process의 진행신호
- 2) 운전상태신호
 - * 혼합고부온도, 냉각수온도 #1, #2
 - * Rotor 회전수 (rpm)
 - * Mixing Torque
- 3) 원료중량정보
 - * 생고무, Carbon, Oil, 소량약품 중량

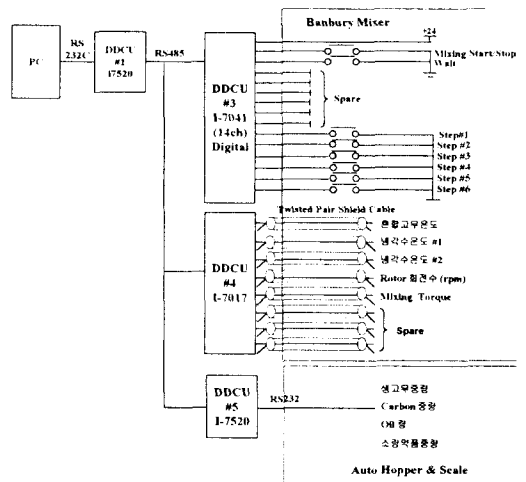


Fig. 3 Banbury On-line Monitoring System H/W
이중 Banbury Mixer의 공정신호는 기 설치되어있는 Banbury Mixer 전용제어기의 공정 PLC와 출력전용 Relay 등의 Ladder Sequence 기능 중 필요한 출력을 접점형태로 받아 사용하였고 상태신호는 온도, RPM, Torque 표시장치의 Analog 출력을 DDCU로 받

아 사용하였다. 또한 원료중량정보는 Fig. 4와 같은 기존의 Auto Hopper & Scale 시스템을 통하여 관리되고 있던 Reporting 정보를 Printer port를 통하여 입력시켜 사용하였다.

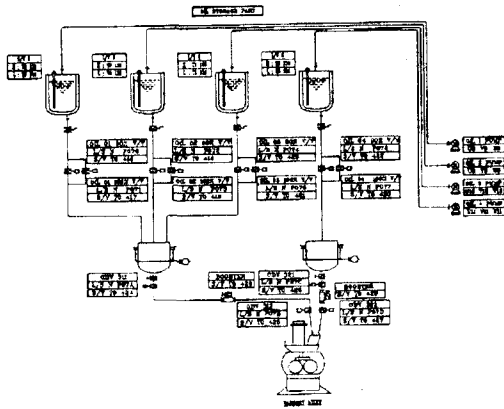


Fig. 4 Auto Hopper & Scale System

3.2 혼련공정 실시간 모니터링 시스템 기능

앞에서 수립한 실시간 모니터링 시스템의 H/W 및 S/W의 개념을 바탕으로 S/W기능을 포함하는 시스템을 실제로 구현하였다. 프로그램에 사용한 언어는 Windows환경에서 사용이 가능한 Microsoft사의 Power Builder 5.0 version 이다.

표지화면에서는 B/B공정 현재작업정보 모니터링 기능과 일일/주간/월간/년간/기간별 작업실적 등 6가지의 세부 기능메뉴가 나타나고 이를 클릭하면 세부기능으로 들어간다.

3.3 현재작업정보 모니터링 기능

표지화면의 Monitoring기능을 클릭하면 Fig. 5와 같은 Banbury 공정의 현재 작업정보 모니터링 화면이 나타난다. 여기는 3가지 모니터링 기능그룹으로 구성되어있다.

1) 공정정보

Banbury 작업은 최고 6작업단계(step)를 거치며 각 단계마다 각각 다른 온도, Mixing Force, Mixing Time을 가지게 된다. 모든 작업은 Batch 단위로 이루어지고 각각의 Batch에 대한 고유번호를 부여하고 이에 대한 작업시작/종료시간 및 총 배합시간을 관리하게 된다. 각 Step의 진행상황에 따라 진행상태표시의 색깔이 적색으로 변하고 각 step의 경과시간이 분초 단위로 기록된다.

2) 작업조건정보

작업조건정보는 그림과 같이 총 6가지의 정보가 표시되고 이는 위와 마찬가지로 Batch단위의 공정 진행중의 Data를 기록하게된다. DB의 제한성으로 인하여 각 항목의 현재값, 최고/최저값, 그리고 평

균값을 표시하도록 하였다. 측정값은 Banbury Mixer 주제어기 및 각종 표시장치의 값을 분산제어기의 아날로그 입력으로 받아 표시하게된다.

3) 원료중량정보

Banbury Mixer에 투입되는 총 원료의 중량은 별도의 AHSS(Auto Hopper & Scale System)에서 관리되는데 이 시스템의 Printer 출력 port를 통해 출력되는 중량정보를 받아 형태에 맞도록 표현한다.

따라서 원료고무, Process Oil, Carbon, 소량약품 등 4가지의 실제 중량정보 항목은 AHSS에서 다루는 항목정보를 선택하였으며 표준중량은 Batch정보에서 주어지므로 Batch번호를 입력하면 기존 DB로부터 자동적으로 설정된 값이 올라오게 된다.

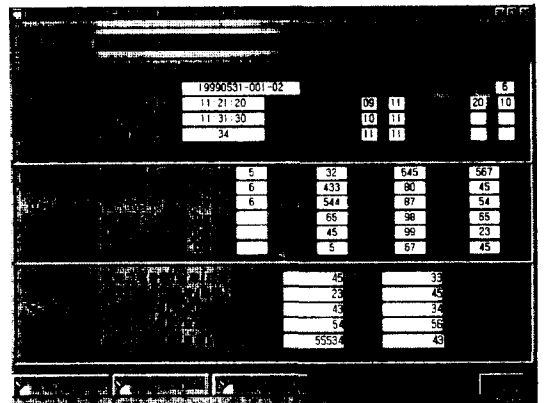


Fig.5 Current process information monitoring

또한 하단의 상세 정보 조회기능을 클릭하면 3가지 정보표시기능그룹이 단일화면으로 나타나고 그래프조회기능을 클릭하면 현재작업에 대한 각 작업조건의 변화를 그래프로 볼 수 있다.

작업실적조회 및 출력기능은 메뉴항목에 나타난 바와 같이 5가지 화면으로 구성하였다.

각 표시항목은 각 Batch번호, 재질, 작업시작시간, 작업종료시간의 4가지이고 하변에 지정한 기간에 수행된 총 작업의 원료 중량 합계를 표시한다. 또한 일일에서 주간, 주간에서 월간으로 등의 상위 조회단위로 들어갈 수 있는 Icon이 준비되어있다.

4. 사출공정 실시간 모니터링

4.1 개요

방진고무 생산공정중의 사출공정은 배합, 계량, 혼련 및 숙성과정을 거쳐 준비된 고무재료와 철재부품을 고무성형사출기로 최종 결합시켜 완성품 형태로 생성시키는 공정으로 원가 및 품질을 최종적으로 결정하는 가장 중요한 공정중의 하나이다.

사출공정의 On-Line 모니터링은 2000CC급 사출기 10대로 구성되는 D사의 Line을 대상으로 개발,

시험 및 설치를 수행하였다. 여기서 사출기의 특성상 온도를 제어하는 가열판은 상하 두개의 열판 구조로 되어있으며(상열판, 하열판) 이중 하나의 온도를 받아 사출작업 상태를 모니터링한다.

사출공정은 Fig. 6과 같은 cycle을 가진다.

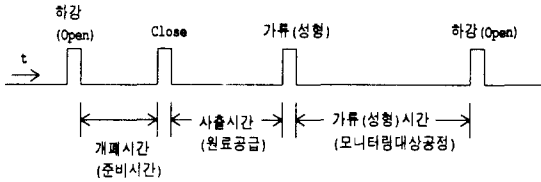


Fig. 6 Rubber Injection Molding Timing Diagram

먼저 사출금형을 Open(하강)하면 노출된 금형으로부터 완성품을 추출하고 새로운 철재부품 등 보조재료를 끼워넣는다.(준비시간)

금형을 닫으면(Close) 액상화된 원료고무가 주입되고(사출시간) 주입이 완료되면 가류(성형)시간에 들어간다. 가류(성형) 시작시간과 종료시간(하강개시시간)사이의 가류시간과 이 기간중의 온도가 중요한 모니터링의 대상이 된다.

가류온도의 추출방법은 사출제어기의 온도 제어기로부터 대상공정(가류공정)의 온도(상열판또는 하열판온도)에 비례하는 Analog 출력값을 DDCU의 Analog 입력 port에 연결하여 측정한다.

전체 On-Line Monitoring 시스템의 H/W는 Fig. 7과 같이 사출공정 U2 Line의 10대의 사출기로부터 각 기계의 사출(성형)시간과 온도 신호를 4대의 DDCU로 받아서 이중 Master DDCU를 통하여 현장 사무실의 LAN에 접속된 PC와 연결하였고 이때 접속방식은 RS485 또는 CAN 통신기능으로 구현한다.

4.2 사출공정 실시간 모니터링 시스템 기능

3절에서 구상한 개념에 따라 실제현장에 분산제어기, 신호 interface 그리고 Network을 통한 기존의 혼련공정 관리/모니터링 시스템과의 연결 등 H/W 환경을 구축하고 전용 S/W를 구축하였다.

O.S.는 Windows98을 사용하였고 프로그래밍언어로는 Visual Basic 6.0을, DB는 Foxpro와 Access를 사용하였다. Windows의 시작화면에서 사출기 가류공정 실시간 모니터링기능의 Icon이 준비되어있고 이를 더블 클릭하면 6가지의 기능이 Icon으로 나타난 주화면이 나타난다.

4.2.1 사출작업 품목등록 기능

메뉴에서 사출작업 품목등록을 선택하면 Fig. 8와 같은 기능화면이 나타난다. 사출공정에서 다루어지는 모든 품목에 대한 모니터링 정보를 입력, 수정, 추가, 삭제 및 출력할 수 있다.

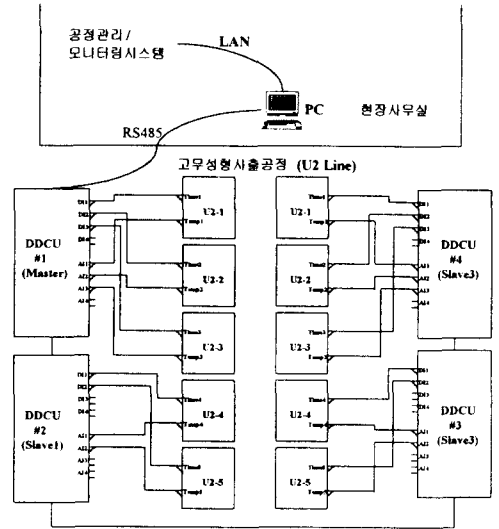


Fig. 7 On-Line monitoring system configuration

RE 323-1	211	231	300
RE 323-2	258	987	951
RE 331-1	213	213	42
RE 432-2	213	240	4
RE 432-3	12	123	153
R5001	220	440	100
R5002	200	400	200
R5003	300	500	300
R5004	200	400	250
R5005	120	220	320

Fig. 8 Item registration function

특히 품목등록시 향후 모니터링에 필요한 비가류 시간, 판당부품수, 가류시간 및 가류온도의 최소/최대값 등을 등록하여 기준 data로 활용한다.

최종 등록된 결과는 출력기능을 클릭하여 출력기능화면상에서 List로 확인하고 Print기능을 클릭하여 출력할 수 있다.

4.2.2 작업자 등록 기능

사출공정에 투입되는 모든 작업자를 사전에 작업자등록기능으로 등록시키고 작업의 계획, 관리에 활용하도록 하였다.

Fig. 9의 기능화면을 통하여 성명, 주민등록번호, 사번, 소속, 입소일자, 직급, 주 업무, 특기사항 등을 입력한다. 품목등록기능과 마찬가지로 출력기능을 통하여 전체 작업자의 List를 조회하거나 프린터로 출력할 수 있도록 하였다.

4.2.3 금일 작업지시 및 현황조회 기능

생산계획 부서에서 하달된 당일의 생산목표, 수량을 보고 생산부서 담당자가 당일의 사출기 상태,

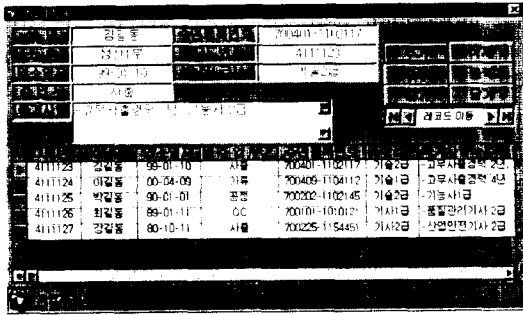


Fig. 9 Man power registration function

작업자현황 등을 고려하여 각 사출기별 세부 작업 계획을 작성, 입력하는 기능화면(Fig. 10)이다.

작업개시시간과 종료시간을 입력하면 품목등록 화면에서 지정한 판당 부품수 Data를 근거로 목표 판수, 총 목표수량이 자동으로 계산되어 입력된다.

입력한 내용은 출력기능을 통하여 List조회 및 인쇄가 가능하고 각 작업지시에 대한 진척상황은 입력된 해당작업을 선택하면 조회시점의 작업판수와 총 생산량이 나타나게 된다.

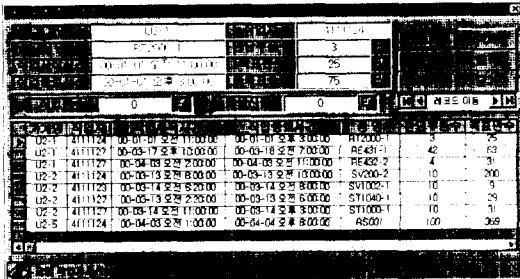


Fig. 10 Daily work situation reference function

4.2.4 가류작업 현황 모니터링기능

작업지시에 따라 작업이 진행되고 있는 상황을 보기 위한 기능으로 가류작업 현황 Icon을 클릭하면 Fig. 11와 같은 기기 가동현황 표시화면이 나타난다. 각 기계의 현황은 "가류중", "준비중", "정비중" 등의 상황메시지를 보이게 된다.

가류작업의 상세 현황은 Fig. 11에서 해당 기기명을 클릭하여 Fig. 12와 같은 사출기별 가류작업현황 화면으로 들어가 볼 수 있다.

4.2.5 통계 및 자료출력 기능화면

주메뉴에서 통계 및 자료출력기능을 통하여 각 세부기능의 화면 및 통계 등을 볼 수 있고 출력할 수 있다. 특히 가류공정 중의 시간상태와 온도상태는 앞의 품목설정에서 입력한 작업기준에 적합하게 작업했는지 여부를 그래프로도 볼 수 있다.

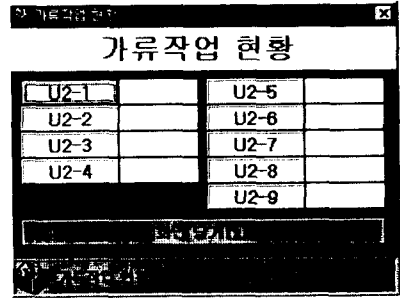


Fig. 11 View of molding line operation situation

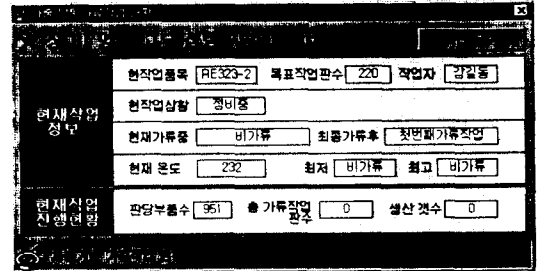


Fig. 12 View of each molding machine situation

4. 결론

본 연구를 통하여 참여기업인 D사의 생산라인중 혼련공정과 사출공정을 대상으로 기존의 기기 및 시설을 최대한 살려 공정을 실시간으로 모니터링하는 방안을 실험적으로 제시하고 실제 생산현장에 적용하여 봄으로서 고무부품 생산공장과 같은 중소기업규모의 생산업체에 가정 적합한 실시간 관리/모니터링기술을 기존의 생산환경에 적합한 저가격화 모델로 제시할 수 있었다.

참여업체에서는 본 과제에서 구축한 부분적이나마 실시간 모니터링 모델이 성공적으로 가동됨에 따라 상당한 원가절감 및 불량률 제고 및 품질향상을 기대하고 향후 전체공정에 실시간 모니터링기술을 단계적으로 적용할 계획이다.

참고문헌

1. 일본고무공업협회, 이봉훈역:고무공업편람, 1994.
2. 고무技術 가이드ブック, 古谷正之編, 昭和 55年, 日刊工業新聞社
3. 防振ゴム 研究所: 防振ゴム 昭和 38年 12月, 日本鐵道車輛工業協會
4. 久保亮五: 고무彈性, 昭和 27年 4月, 河出書房
5. 日本ゴム協會編: 新ゴム技術入門, 1967
6. Payne and scott: Engineering Design with Rubber
7. P. W. Allen, P. B. Lindley & A. R. Payne: Use of Rubber in Engineering