

## PC를 이용한 공정관리시스템 개발

송 준 엽\* · 이 승 우\* · 이 현 용\*

### Process Management System using a PC

Song, Joonyeob\* · Lee, Seungwoo\* · Lee, Hyunyoung\*

#### Abstract

In this study, a process management system is designed that can automatically control the heat treating atmosphere, and a management software is developed to monitor and control continuously the heat treating process using an interface device. Especially, a communication protocol is developed to control and monitor atmosphere condition, temperature, surrounding gas, and time. The developed interface device, called COMPORT SELECTOR is to send and receive information from PID controllers and PLC via RS-232C communication. This system will reduce manufacturing cost and cycle time, and improve the effectiveness of working process and quality.

#### 1. 서 론

석유화학 등과 같은 대단위 장치 산업에서는 컴퓨터를 이용한 각종 공정 제어 기술이 개발되어 적용되고 있으나 생산기반 기술의 기초인 열처리 분야의 경우 기업의 영세성, 기술의 낙후, 기술 개발의 무관심등으로 인하여 작업자의 경험에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 산업이 발달하고 고도화되면서 열처리 분야에서도 새로운 기술 및 신재료의 개발, 소품종 다량생산체제로의 변환, 엄격한 품질등의 요구에 대응하기 위하여 90년대 들어 선진국을 중심으로 열처리의 자동

화, 고급화를 시도하고 있다[1]. 국내에서도 산업이 발달하고 많은 물량과 높은 품질의 제품을 요구함에 따라 몇몇 업체에서 외국의 자동화 설비나 기술을 도입하여 현장에 적용하고 있으나 선진국에서는 이러한 기술을 국내업체에 이전하지 않으며 시간이 흐를수록 대외적 기술종속 및 무역역조가 심화되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하고 열처리 제품의 품질향상, 원가 절감 및 생산성 향상등을 이룩할 수 있는 열처리 공정관리 기술을 개발하는데 목적을 두고 열처리 공정의 분위기 제어와 공정관리 감시의 자동화 실현을 위한 공정관리 시스템을 개발하였다.

\* 한국기계연구원 기계자동화연구부 생산시스템실

## 2. 열처리 공정분석

본 연구에서는 열처리 방법중 강을 열처리 로 내에 장입시키고, 특정가스 혹은 혼합가스를 투입하여 원하는 가스분위기 내에서 열처리하여 표면을 경화하는 분위기 침탄열처리를 대상으로 하여 B사의 조업공정을 조사 분석하였다[2].

침탄 열처리공정은 장입 Tray에 적재된 제품을 예열실에서 800~900℃로 가열한 다음 가열실로 장입시켜 침탄, 침탄질화, Q/T(Quenching Tempering)처리를 거치는 일련의 프로세스로 그림 1과 같은 처리과정을 거치게 된다. 특히 각 공정마다의 열처리 분위기 조건을 유지하기 위한 파라미터들이 필요하며, 분석된 각 파라미터는 공정제어시스템 구성에 제어변수로서 이용된다.

또한 공정분석한 결과 각각의 열처리 공정을

그림 2처럼 4가지 타입으로 분류시키고, 이의 상세사양(온도, 시간 등)은 별도로 세분하여(표 1 참조) 시스템 설계에 적용하였다. 분류된 공정패턴에 대한 내용은 다음과 같다 :

- 1) 특정온도와 일정시간에서 열처리한 후 소입하는 일단 열처리,
- 2) 특정온도에서 일정시간 열처리한 후 강온 유지하여 일정온도와 시간 동안 소입하는 이단 열처리,
- 3) 침탄온도(900도)에서 침탄과 확산을 행한 후 강온하여 특정온도와 시간 동안 소입하는 침탄 열처리,
- 4) 920 도에서 1차 및 2차 침탄, 확산을 반복하여 행한 뒤 특정온도와 시간동안 소입하는 Double(복탄) 열처리.

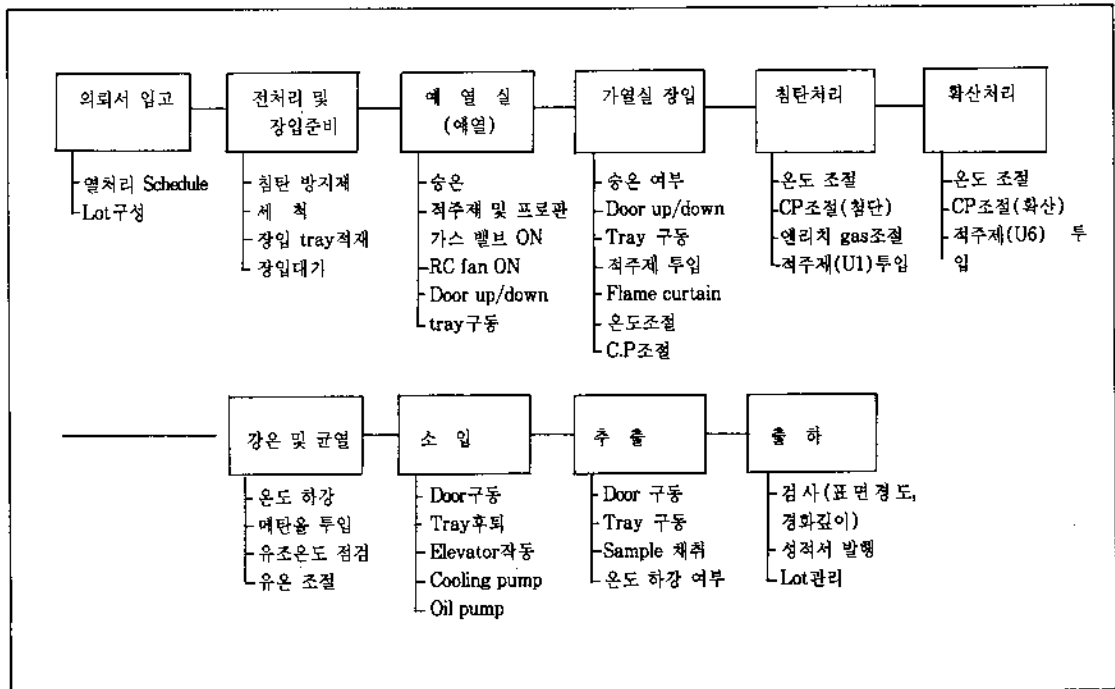


그림 1. 침탄 열처리공정 및 파라미터

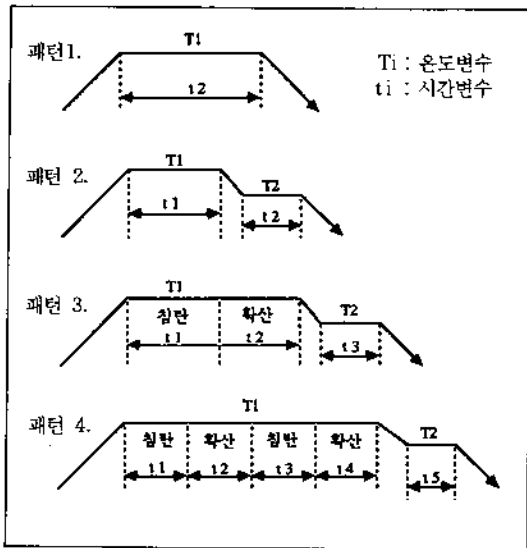


그림 2. 대표적인 열처리 공정 패턴

표 1. 침탄 열처리공정의 상세사양

패턴	온도( $T: ^\circ C$ )		시간( $t: hr$ )				
	T1	T2	t1	t2	t3	t4	t5
1	830						
	850						
	870						
2	830	750		0.5			
	850	760		1.0			
	870	770					
		780					
3	900	820	3.0	0.5	0.5		
		830	4.0	1.0			
		840	5.0	1.5			
		850	6.0	2.0	2.5		
4	920	830	2.0	0.5	2.0	0.5	0.5
		840	2.5	1.0	2.5	1.0	
		850	3.0	1.5	3.0	1.5	
		860	4.0	2.0	4.0	2.0	

단,  $T_i, t_i$ 는 [그림 2]와 동일

### 3. 공정관리 시스템의 구성

본 연구에서는 침탄열처리 공정분석 및 기술조사 내용을 토대로 공정의 자동 제어 및 관리를

위해서 본 공정관리시스템을 설계 구성하였다 [3].

구성한 공정관리시스템은 그림 3에 제시된 것처럼  $O_2$ 센서를 이용한 침탄, 침탄질화용 저주식 ALL-CASE노, 침탄열처리의 최적 분위기 조건들을 구성하기 위한 제어부, 제어부와 열처리 공정의 감시 및 관리를 담당하는 컴퓨터를 연결시키는 인터페이스부, 열처리 공정의 감시 및 관리부로 구성된 Single Line 체계로 구성하였다.

제어부는 침탄열처리에 필요한 분위기 조건, 로온, 유온, 산소량 등을 검출하는 센서 및 조절장치(그림 4 참조)와 이러한 조절장치를 제어하는 PLC (금성, K250), PID 컨트롤러 (SHIMADEN, SR25)등으로 구성된다. 특히 침탄열처리 공정 중의 분위기 조건들의 상태를 일차적으로 디지털 프로그램 조절계 (SHIMADEN, FP21)에 입력된 조건에 따라 감시하면서, 최적 분위기 조건을 유지하도록 Heater, RC fan, Agitator pump 등 분위기 조절장치를 PLC(입력 : 44점, 출력 : 32점)에 의해 통제시킨다.

인터페이스부는 센서들에서 입력된 아날로그 정보를 디지털 정보로 변환시키는 Data acquisition card와 제어부의 PID 컨트롤러에 입력된 분위기 조건들의 상태정보를 시분할에 의한 scanning에 의해 자체 메모리에 저장시켜 놓고, 열처리 공정의 관리 및 감시부의 요구에 정보를 제공하는 인터페이스장치, COMPORT SELECTOR로 구성된다.

한편 감시 및 관리부는 구성된 공정관리시스템의 중심부로서 크게 중앙통제용 컴퓨터, 열처리 공정의 감시 및 관리용 소프트웨어, 공정감시 결과를 추후 확인하고 성적서 발급에 이용하기 위한 출력기기(프린터, Recorder) 등으로 구성된다.

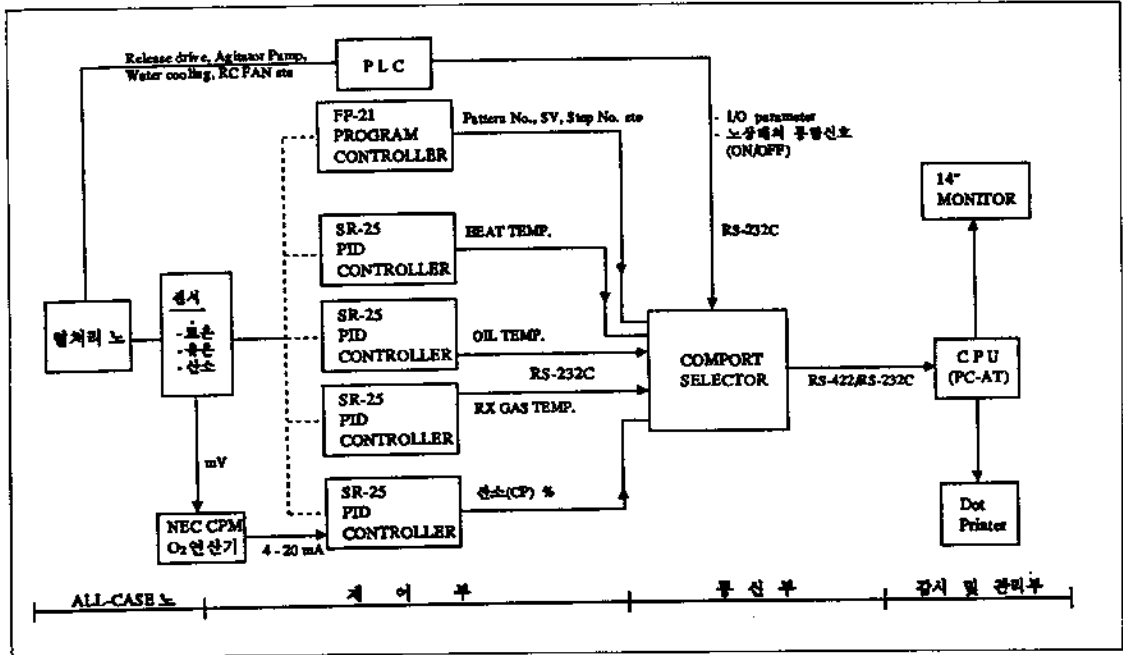


그림 3. 열처리 공정관리시스템의 구성도

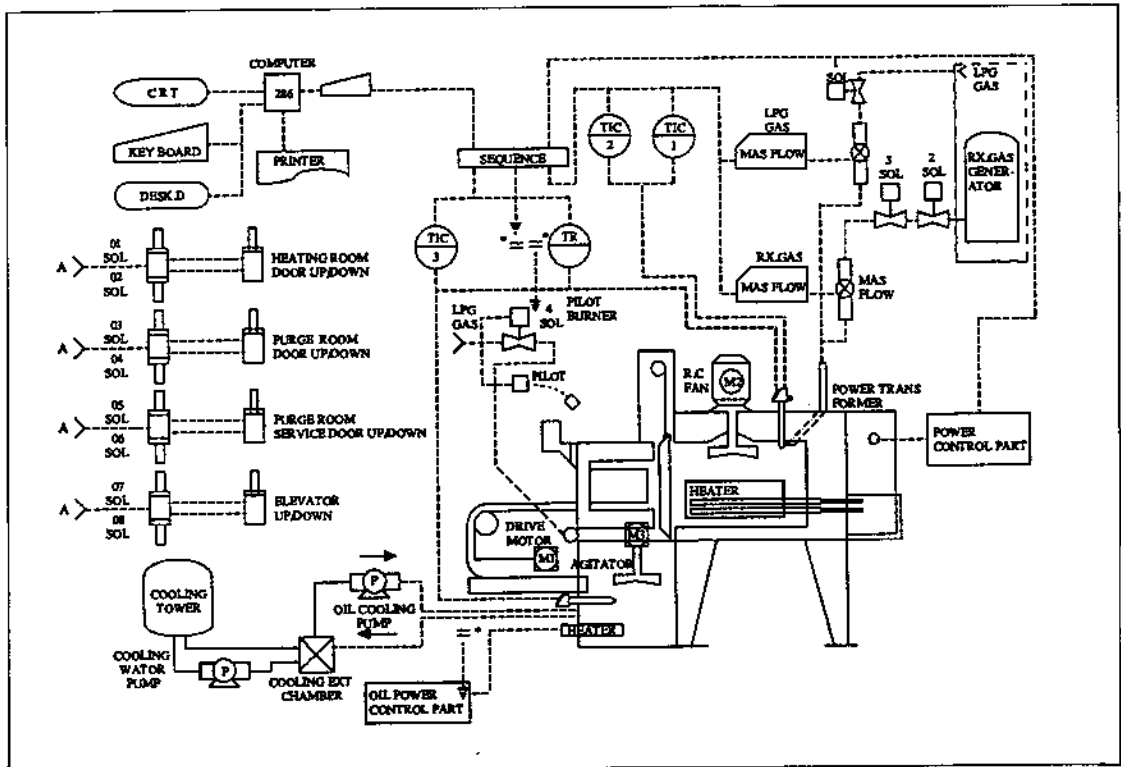


그림 4. 칩탄 열처리 공정관리시스템의 제어부

### 4. 인터페이스 장치 및 통신 프로토콜(Protocol) 개발

열처리 공정관리시스템은 열처리 분위기 조건 (로 온도, oil 온도, 분위기 가스 등)들을 제어하는 하드웨어와 열처리 분위기를 관리하고 감시하는 기능소프트웨어를 보유한 컴퓨터와의 인터페이스 작업이 필요하다.

본 연구에서 구성한 시스템의 제어장치인 SR25, FP21, PLC등은 외부기기와의 통신방법으로 시리얼 통신방식을 채용하고[4] 있어 중앙통제용 컴퓨터와의 인터페이스로 그림 3에 제시된 시리얼 RS-232C 및 RS-422를 사용한 통신시스템을 구성 하였다. 그러나 채용한 시리얼 통신방식은 1:1 대응에 의한 데이터 전송방법[5]으로 복수대의 제어장치를 관리 통제하는 것은 곤란하다. 따라서 1 port의 RS-232C를 복수로 분기해서 1:N의 접속에 의한 정보의 송/수신을 담당하는 인터페이스 장치로 COM-PORT SELECTOR를 개발하였다.

COMPORT SELECTOR는 그림 5에 제시된 Block Diagram에서 처럼 1 port를 통해 6개의 RS-232C Driver에서 들어온 각각의 정보를 메모리 영역 0000H~07FFH에 표 2처럼 할당하여 자체 Memory Map에 저장한다. 또한 Memory Map에 저장된 정보는 통신규약에 의한 통신 Command에 의해 통제 관리된다.

공정관리용 컴퓨터와 COMPORT SELECTOR 간의 통신규약은 전송제어 코드를 사용하여 그림 6과 같은 순서에 의해 정보의 전송이 이루어진다. 특히 Parameter No.(PN)에 2 byte를 할애 함으로서 추후 변수의 추가에 대처할 수 있도록 하였으며, Check Sum(SUM) 제어코드를 사용하여 각 단계별 데이터 전송의 확인작업을 실시할 수 있다. 본 인터페이스 작업에 이용한 통신 규약은 비동기식 반2중 ACK-NAK (AC-Knowledge-Negative Acknowledge) Protocol 방식 [6]으로서 다음과 같은 통신조건에서는 NAK신호를 반응하여 데이터의 재전송 및 Timeout에 의한 에러발생을 제거하였다 :

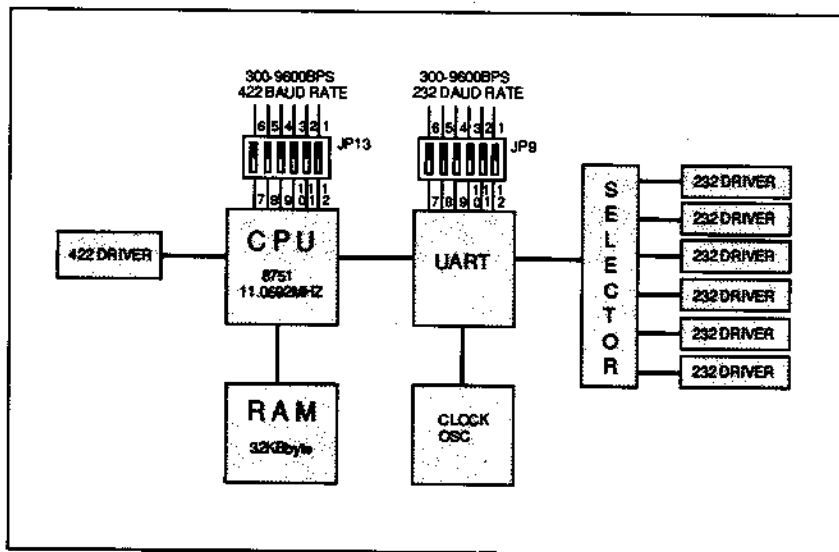


그림 5. COMPORT SELECTOR의 Block Diagram

표 2. COMPORT SELECTOR의 Memory Map

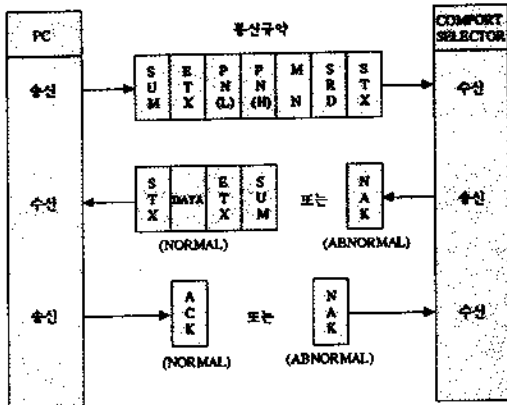
메모리 영역	내 용
0000H ~ 003FH	RS-422 Input Buffer
0040H ~ 007FH	RS-422 Output Buffer
0080H ~ 00BFH	RS-232C Input Buffer
00C0H ~ 00FFH	RS-232C Output Buffer
0100H ~ 01FFH	Machine #1의 Data 저장영역
0200H ~ 02FFH	Machine #2의 Data 저장영역
0300H ~ 03FFH	Machine #3의 Data 저장영역
0400H ~ 04FFH	Machine #4의 Data 저장영역
0500H ~ 05FFH	Machine #5의 Data 저장영역
0600H ~ 06FFH	Machine #6의 Data 저장영역
0700H ~ 07FFH	계 산 영 역

- 3) 'STX'와 'ETX'의 위치에 다른 코드가 있을 경우,
- 4) 'SRD'의 위치에 다른 코드가 있을 경우.

또한 제작된 COMPORT SELECTOR는 제어 시스템의 요구사항(통신 Command)에 따라 필요로 하는 정보만을 송/수신하기 위해 제어장치에서 제공하는 데이터 구조를 보완한 표 3과 같은 데이터 구조를 구성시켰다. 구성된 데이터 구조 제어장치의 추가에 따른 Command의 추가 등 제반문제점을 해결할 수 있으며, 세분화된 통신 Command를 사용하므로써 통신 프로세스 및 정보해석시간을 절약할 수 있다.

표 3. COMPORT SELECTOR의 데이터 구조

제어장치	Machine No.	Parameter No.	Data 내용
SR 25	1~4	01	Process Value (PV)
		02	Set Value No. (SVNo)
		03	Set Value (SV)
		04	Auto / Manual (A/M)
		05	Out 1
		06	Out 2
FP21	5	01	Process Value (PV)
		02	Set Value (SV)
		03	Pattern No. (PIN No.)
		04	Step No. (STP No.)
PLC	6	00H-7FH	I/O Port의 동작상태 (I/O)



MN : Machine No.  
 PN : Parameter No. (H) High Byte  
 (L) Low Byte

그림 6. 컴퓨터와 COMPORT SELECTOR간의 통신 규약 및 순서

- 1) 직렬전송 LSI가 이상을 감지했을 경우,
- 2) Check Sum(SUM)이 틀릴 경우,

## 5. 공정관리 소프트웨어 개발

분위기 열처리 공정은 열처리 재료의 화학성분, 분위기 가스농도 조성, 열처리품의 중량, 온도, 시간, 압력등의 특성에 의해 지배된다. 그러므로 열처리품의 높은 품질은 이러한 변수들이

최적으로 제어될때 이룩할 수 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 앞에서 구축한 침탄, 침탄 질화용 All-Case 노와 노의 주변장치 그리고 이들을 제어하는 PLC (Programmable Logic Controller)를 제어하고, 상태를 모니터링 할 수 있는 공정관리 소프트웨어를 개발하였다. 개발된 소프트웨어는 C와 Assembly 언어를 사용하여 기능에 따른 모듈별 구성을 원칙으로 하여 그림 7처럼 모니터링, 제어, 관리 등으로 구성되는 3개의 주 모듈과 10개의 서브 모듈로 구성된다. 또한 저가의 PC에서 운용될 수 있도록 DOS base로 개발하였으며, 현장 작업자의 편의를 위해 한글처리와 함께 One-key에 의한 도움말 기능을 부가 하였다.

### 5.1 모니터링 모듈

모니터링 모듈에서는 열처리 과정의 패턴정보

와 노 내부에서 일어나는 각종 분위기변수의 변화를 그래픽으로 처리하여 보다 용이하게 열처리 과정을 감시할 수 있다. 이 모듈은 열처리 패턴 (Pattern)정보확인, 패턴설정, 모니터링등의 서브모듈로 구성된다.

본 연구에서 구성한 공정관리시스템의 디지털 프로그램 조절계(FP21)에서는 일차적으로 작업에 필요한 열처리 시간, 패턴유형, 온도 등의 설정이 이루어진다. 그러나 FP21조절계는 용량면에서 최대 10개의 패턴 등록만이 가능하여 패턴에 따른 조건변경 등이 수반되어야 한다. 따라서 패턴정보 확인단계에서 올바른 열처리 작업을 수행할 수 있도록 작업개시 전에 작업할 패턴내용을 확인한다[7]. 확인되는 대표적인 정보는 PV(Process Value), SV(Set Value), PTN (Pattern Number), STN(Step Number)이다.

패턴정보가 확인되면 감시할 공정패턴 및 상세

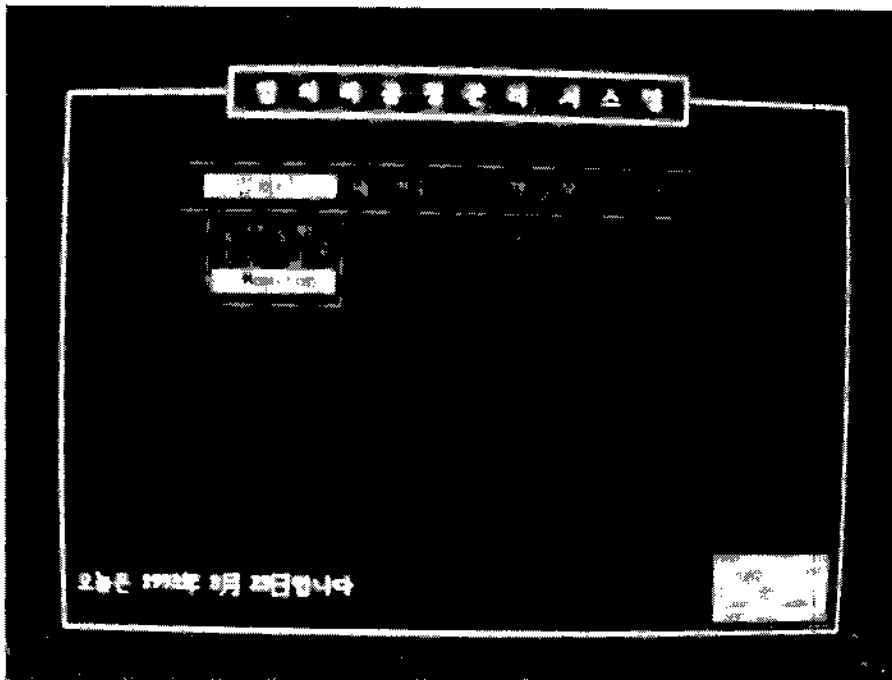


그림 7. 열처리 공정관리소프트웨어의 구성

사양의 등록이 필요하다. 따라서 패턴설정에서는 공정분석된 결과(그림 1, 표 1 참조)를 토대로 패턴구분과 각 패턴에 대해 열처리 온도와 시간, 소입 온도와 시간 그리고 질화작업이 이루어지면 침탄 C.P.(Carbon Potential)값, 확산 C.P. 값 등을 입력한다. 입력된 변수값들은 작업이 끝날 때까지 Global 변수로 설정되어 모니터링모듈에서 노의 여러 상태값과 비교하여 열처리 공정을 감시한다.

모니터링단계에서는 통신 프로그램을 통하여 인터페이스 장치(COMPORT SELECTOR)에 수신된 여러 변수값들을 수치로 변환하여, 그림 8과 같은 감시 알고리즘에 의해 이를 그래픽과 동시에 수치(Digital value)로 감시할 수 있도록 한다.

그림 6과 같은 포맷으로 전송된 데이터는 그림 9와 같이 패턴설정 모듈에서 입력된 패턴변수들을 이용하여 그려진 표준패턴과 대비하여 설정온도, 현재온도, 현재의 유온, 그리고 분위기 가스를 사용한다면 현재 사용되고 있는 분위기 가스의 C.P.값을 약 1분 간격으로 수신하고, 이 값을 PC에서 그래프와 동시에 수치로 나타내므로서 작업자의 감시 작업을 용이하게 하였다.

또한 감시된 열처리 공정값의 변화를 프린터로 출력하고 이어 열처리 검사작업에 대한 일반 정보를 기록할 수 있는 작업표를 출력하게 하므로서 열처리 제품의 품질 향상 및 사후관리에 기할 수 있다.

### 5.2 제어모듈

제어모듈은 열처리 시스템의 주변 장치들을 제어하는 PLC와 열처리 작업에 필요한 변수들을 입력하는 FP21조절계를 제어하는 기능을 가지고 있다.

열처리 작업은 고온, 고압 하에서 행해지며 분

위기 제어에 사용되는 변성가스 또는 분해 가스는 폭발의 위험성까지 안고 있다. 그러므로 안전과 올바른 작업을 위해 노의 주변장치에 대한 상태의 감시 및 제어 작업이 행해져야 한다.

본 시스템에서는 노의 주변장치들을 제어하고, 제어된 상태값(0/1)을 가지고 있는 것이 PLC이다. 따라서 노와 연결된 주변장치를 제어하는 PLC 접점에 고유 Address (00H~77H)를 부여

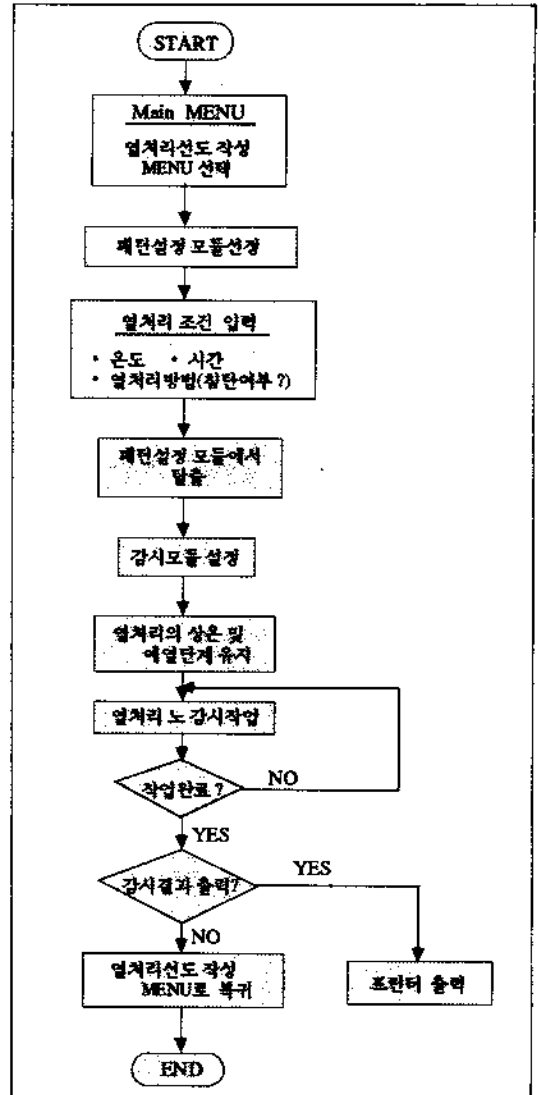


그림 8. 열처리 노 감시단계 알고리즘



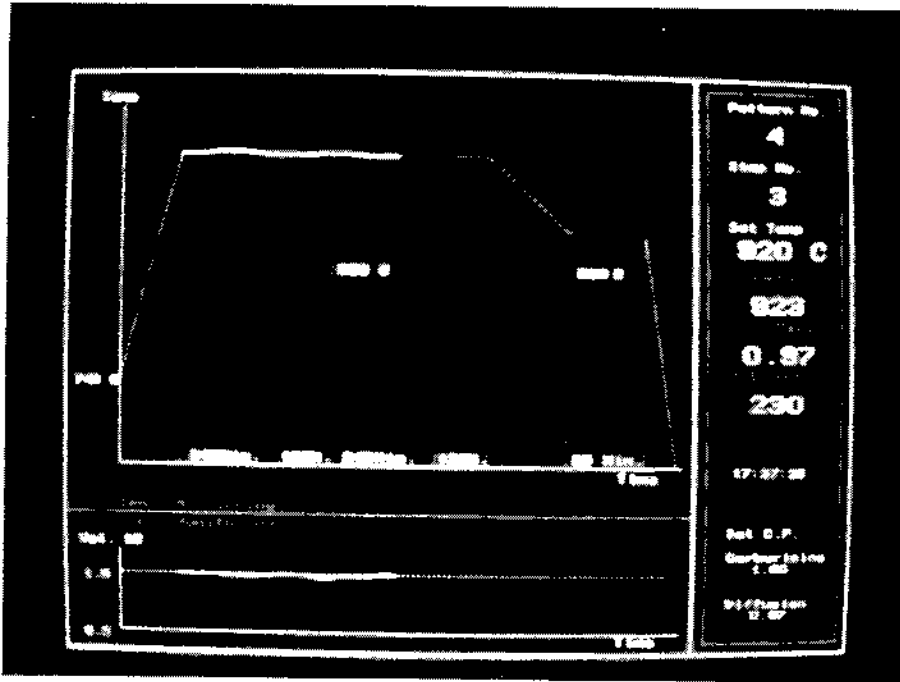


그림 9. 열처리 공정의 모니터링 결과

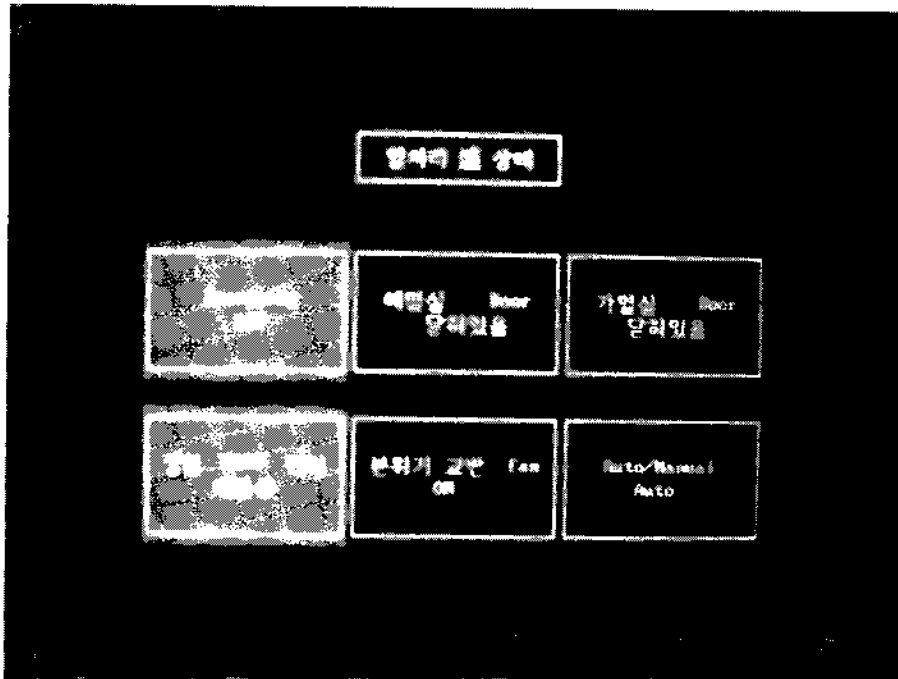


그림 10. 열처리 주변장치의 상태확인

하여 공정관리용 PC에서 상태정보 확인 및 원격 제어를 실시토록 하였다. 특히 주변장치의 상태 확인은 열처리 작업에서 중요한 다음의 6가지 사항에 대해서 그림 10과 같이 문자와 함께 ON 상태일때는 BLUE, OFF 상태일때는 RED로 표현하며 확인할 수 있도록 하였다 :

- 1) Emergency Stop (ON/OFF),
- 2) 가열실 Door (닫힘/열림),
- 3) 예열실 Door (닫힘/열림),
- 4) 장입 Tray 위치 (가열실/예열실),
- 5) 분위기 교반 Fan (ON/OFF),
- 6) Auto/Manual.

또한, 제한된 용량의 F21 조절계 사용에 따른 열처리 공정패턴 및 조건변수 변동의 번거로운 작업을 간편히 하기 위해 프로그램 Editor를 사용하여 열처리 패턴 프로그램의 작성과 통신 프로그램에 의한 패턴변수의 직접적인 수정 및 입

력이 가능토록 하였다.

## 6. 결 론

본 연구는 분위기 열처리용 로와 이를 컨트롤 하는 조절장치들을 컴퓨터 및 PLC와 네트워크 화 하여 열처리 공정을 자동제어하면서 각 공정의 데이터를 감시하고 관리하는 분위기 열처리 공정관리시스템을 개발하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

- 1) 분위기가스를 사용하는 모든 열처리 공정의 자동제어 및 관리 분야에 활용 가능
- 2) MS-DOS 환경 하에서의 Multitasking 구현을 위한 기초 마련
- 3) 국내 독자적인 기술로 개발됨으로서 열처리 자동화기술력 촉진

## 참 고 문 헌

1. 鈴木 次雄, “熱處理管理시스템”, 金屬臨時增刊號, 1990.
2. 김성완, 송준엽 외, “분위기 열처리 자동제어기술 개발”, 상공부 연구보고서, 1992.
3. 송준엽, 이승우 외, “열처리 공정관리시스템 개발”, 대한산업공학회 추계학술 대회는 문집, pp.26~34, 1992.
4. “FP21 & SR25 Communication Interface - Operating Instructions”, SHIMADEN (株).
5. 稻垣 完治, 小野寺 徹, 시리얼 傳送完全 마스타, CQ出版社, 1991.
6. 永井 正武, 데이터통신프로토콜 入門, CQ出版社, 1991.
7. “橫型眞空爐 NVFC-450PT의 取扱説明書”, (株)石川島播磨.

## 저 자 소 개



송준엽(宋準燁)

1960년 10월 11일생. 1983년  
숭전대 공대 산업공학과 졸  
업. 1985년 동대학원 산업공  
학과 졸업(석사). 현재 한국

기계연구원 생산시스템실 선임 연구원. 주요관심 분야는 CIM, FMS 등 자동화시스템의 운영 및 통제기술(DNC, POP, AGV) 등이다.



이현용(李鉉鎔)

1950년 1월 25일생. 1973년  
인하대 공대 산업 공학과 졸  
업. 1980년 동대학원 산업공  
학과 졸업(석사). 현재 한국

기계연구원 생산시스템실 책임연구원. 주요관심 분야는 자동화시스템의 운영기술(MRP, JIT, 물류관리)등이다.



이승우(李昇佑)

1966년 4월 11일생. 1989년  
인하대 공대 산업공학과 졸  
업. 1991년 동대학원 산업공  
학과 졸업(석사). 현재 한국

기계연구원 생산시스템실 연구원으로 재직중. 주  
요관심 분야는 DB 구축 및 Simulation이다.