

# 사출성형 품질이상 진단 임베디드 제조설비시스템 개발

## Development of Embedded MES for Injection Molding Quality Fault Diagnosis

정영득\* · 박주식\*\*

Young-Deuk Jung\* · Joo-Sik Park\*\*

### Abstract

생산재와 소비재의 반제품을 이루고 있는 플라스틱 부품들이 다른 소재의 제품들을 대체하면서 급속히 증가하고 있다. 이는 사출성형의 공정으로 생산되는 제품들이며 플라스틱의 기능과 특성이 우수하다는 장점과 더불어 제품구현이 빠르고 대량생산이 가능하기 때문이기도 하다.

본 연구에서는 제조설비시스템(MES)를 임베디드 장치를 장착하여 플라스틱 사출금형으로 반제품을 생산하는 과정에서 공정상에 발생하는 이상 증후에 대한 진단과 장시간 생산이 진행되는 과정에서 사출성형조건의 지속성 유지의 문제점을 실시간으로 모니터링하여 예방과 대책 방법을 제시한다. 품질이상을 감지하기 위해 온도, 압력, 시간을 측정하기 위한 센서와 인터페이스 설계를 통해 작업자의 판단상황을 객관적으로 설치전과 후의 경제성 분석을 하였다.

## 1. 서 론

### 1. 연구배경 및 내용

최근에 생산설비의 고장예지 및 진단 시스템을 이용한 설비고장 진단기술이 연속 및 단속공정 등에서 개발되고 이용되어 지고 있다. 본 연구에서 다루고자 하는 것은 사출 성형기를 대상으로 제품의 성형상태를 실시간 모니터링 하여 설비의 고장예지 및 진단하는 시스템의 개발이다. 사출 성형기의 운전 중에 고장이나 이상이 발생되면 최단 시간에 원인규명을 밝혀 사출성형기를 수리하거나 사출성형 조건의 변경을 통하

---

\* 전주비전대학

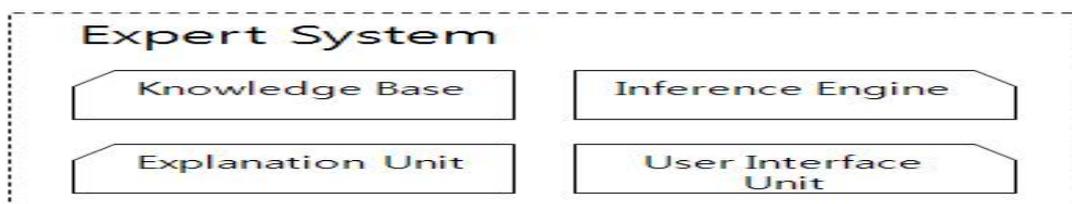
\*\* 우영유압(주) 기술연구소

여 작업을 가능하게 해야 한다. 현재, 이러한 고장진단은 주로 전문 기술자 또는 현장에 오래 근무한 숙련된 작업자의 경험에 의해서 행하고 있으나, 사출성형기 수에 비해 전문기술자는 부족한 실정이다. 그리고 전문 기술자라고 해도 기술자에 따라 고장과 이상 진단에 일관성이 없고, 고장 및 이상 진단에 대한 기술 축적도 기대하기가 어렵다. 본 연구에서는 이와 같은 상황에 대처하기 위하여, 첫째, 신속하게 고장을 진단하여 보수 방법을 제시할 수 있고, 둘째, 기술의 고장 진단시 보조 역할을 수행하며 초보자도 훈련시킬 수 있고, 셋째, 고장진단 전문가의 지식을 축적해 주며, 넷째, 과거 진단 사례의 통계 분석으로 설비의 수명 예측을 할 수 있는 고장예지 및 진단 시스템 구현을 연구하고자 한다. 본 연구에서는 센서와 임베디드 장치를 통해 사출 성형기의 온도, 압력, 시간 데이터를 실시간으로 획득, 저장 후 이를 데이터베이스화 하였고, 사출성형기의 지속적인 데이터 저장을 통하여 고장검출 및 진단에 필요한 데이터를 획득하고, 품질이상 진단 평가를 위한 알고리즘을 통하여 고장의 유무 및 이상상태를 판단하였다.

## 2. 연구의 이론적 고찰

### 1. 전문가 시스템

전문가 시스템은 특정영역에서 문제를 해결하기 위한 해결책을 제공할 목적으로 추론엔진과 저장된 전문지식, 사용자 인터페이스들로 구성되어 있는 시스템이라 할 수 있다. 특히 전문가의 전문지식과 경험을 체계화하여 지식기반을 쌓아 전문가가 아닌 일반 사용자들이 전문가의 도움을 받을 수 있도록 한 시스템이다.



<그림 1>전문가 시스템의 구성

<그림 1>은 전문가 시스템의 구성을 보여주고 있다. 일반적인 전문가 시스템은 전문가적인 지식을 저장해 둔 지식베이스(Knowledge Base)와 이를 기반으로 추론할 수 있는 추론엔진(Inference Engine) 두 가지를 합쳐서 말한다. 하지만, 이것만으로는 사용자가 사용하기에 부족한 면이 있기 때문에 설명 시스템과 사용자 인터페이스를 포함하는 것이 최근의 추세이다.

이러한 전문가 시스템은 해석(interpretation), 예측(prediction), 진단(diagnosis), 설계(design), 계획(planning), 검사(monitors), 교정(debugging), 수리(repair), 교육(instruction),

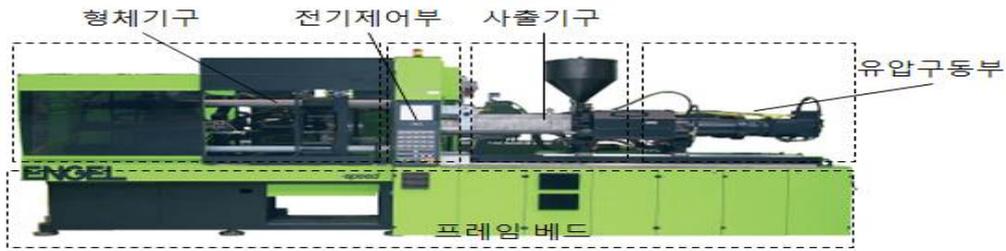
제어(control) 등의 문제들을 해결할 수 있다. 뿐만 아니라 지식베이스는 영구적인 보관이 가능하고 문서화하는 것이 용이하다. 또한 전문가보다 일관성 있는 결과를 제공하고 저렴한 비용으로 시간제약 없이 사용할 수 있다는 장점이 있다. 새로운 사실과 규칙은 언제든지 외부로부터 추가될 수 있다. 그러나 현재의 기술로는 단지(기존 규칙으로부터 유도된) 새로운 사실만이 프로그램이 실행되는 동안에 내적으로 추가될 수 있다. 지식베이스를 표현하는 대표적인 방법으로 규칙에 의한 표현방법인 If Then 규칙이다. 이는 지식이 규칙의 형태로 저장되기 때문에 흔히 지식베이스를 규칙베이스라고도 부른다. 이것은 간단하고 이해하기 쉽지만, 융통성이 적고 구조화 되어있지 않아 규칙이 증가하려면 처리나 수정이 어렵다. IF 조건부(antecedent) THEN 결론부(consequent)의 형태로 지식을 표현할 수 있다.

## 2. 사출성형 시스템

우리 생활주변에서 플라스틱을 사용한 일반 가정용품이나 가전제품을 많이 볼 수 있고 공업용, 구조용 재료로서도 그 가치가 높게 평가되어 급속한 발전으로 새로운 플라스틱이 계속해서 개발되고 있다. 이러한 플라스틱은 매우 많은 분자량을 가진 유기화합물을 주체로 해 통상 최종 상태로는 고체이지만 열, 압력 등 외력의 작용으로 유동화시켜 자유로운 성형이 가능하도록 된 재료를 말하며, 합성수지라고도 한다. 복잡한 형상의 제품도 금형(Mould)이란 공구와 성형기계를 이용하여 쉽게 그리고 값싸게 플라스틱을 성형할 수 있으며 이 성형과정을 플라스틱성형가공이라고 한다.

### 2.1 사출성형기의 구조

사출성형기(Injection Moulding Machine)는 열가소성 및 열경화성 수지를 여러 형상으로 성형하는데 사용하는 기계로서 수지에 관한 기술발전과 더불어 경제성 있는 사출성형이 가능하게 되었다. 사출성형기 구조는 <그림 2>와 같이 5개의 부분으로 나누어 볼 수 있다. 프레임 베드는 가동시에 기계의 각 부에서 발생하는 큰 압력과 진동에 견디며 각부의 정밀도를 유지하도록 충분한 강도와 강성을 갖는다. 형체 기구는 사출금형이 사출압에 의해 금형이 열리지 않도록 큰 힘으로 금형을 닫아 사출된 플라스틱이 냉각 고화하면 금형을 열고 제품을 빼내는 구조로 되어 있다. 사출기구는 성형재료의 계량, 가소화용융, 사출하는 기구로 구성되어 있다. 유압 구동부(Oil-hydraulic Power System)는 유압실린더에 파워에너지를 공급한다. 전기 제어부(Electrical Control System)는 사출기의 각 구동부에 동력을 전달하고 제어한다.

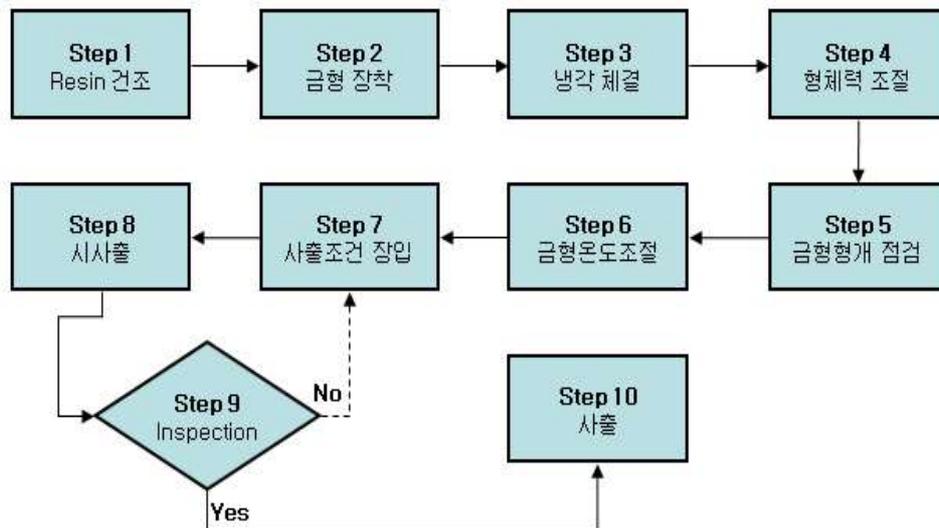


<그림 2>사출성형기 기본구조(ENGEL speed 180/55)

## 2.2 사출성형 공정 및 조건

사출성형단계는 형체→충진→보압→냉각 및 가소화→이젝팅 순으로 진행된다. 사출성형 공정 조건에 있어서 가장 중요한 인자는 크게 온도, 압력, 시간으로 나타낸다. 온도에는 사출온도, 금형온도, 사출기의 실린더온도, 노즐온도 등이 있으며, 압력에는 사출압력, 보압, 배압 등이 있고, 시간에는 사출시간, 보압시간, 냉각시간 등이 있다. 이러한 세 가지 성형인자는 상호의존적이기 때문에 어느 것 하나의 변화는 다른 조건의 변화를 동반하여야 하며, 그렇지 않을 경우에는 품질문제를 야기할 수 있다. <그림 3>은 사출성형공정에 대한 플로우차트이다.

사출하는 방법이나 기계들은 성형품의 수요자들의 요구에 부응하기 위해 끊임없이 발전되어 왔으나, 사출온도, 사출시간과 사출압력의 적절한 조절이 매우 어려운 문제점으로 남아 있다. 동일한 압력에서 고온의 분자밀도가 상온에서보다 낮으므로 금형내 성형물이 냉각되면서 밀도가 증가한다.



<그림 3>사출성형 Flowchart



### 3) 수지온도에 의한 불량

수지의 온도는 유동성에 큰 영향을 주는 것으로 각종 불량발생의 주원인이 되고 있다. 예를 들면 대부분의 수지는 온도가 낮으면 충전부족이나 용착이 일어나고 표면상태가 빈약하게 된다. 반대로 온도가 너무 높으면 싱크마크, 플래시, 색상변색 등이 발생하는 수지가 많고 캐비티에 달라붙는 경우가 많다.

### 4) 금형온도에 의한 불량

금형온도는 수지의 온도와 함께 냉각 고화에 큰 영향을 미치는 것이다. 금형의 온도가 너무 낮으면 모든 수지에 충전불량 형상이 생기고 대부분의 수지에 용착약화, 표면화상 불량, 외관불량 등이 생기기 때문에 이와 같은 경우는 금형의 온도를 올리는 것이 해결책이다. 반대로 온도가 너무 높으면 플래시가 발생하든지 휘거나 비틀림이 발생하고 캐비티 내에 달라붙는 현상이 생기므로 온도관리를 적절히 맞추는 것이 대단히 중요한 것이다.

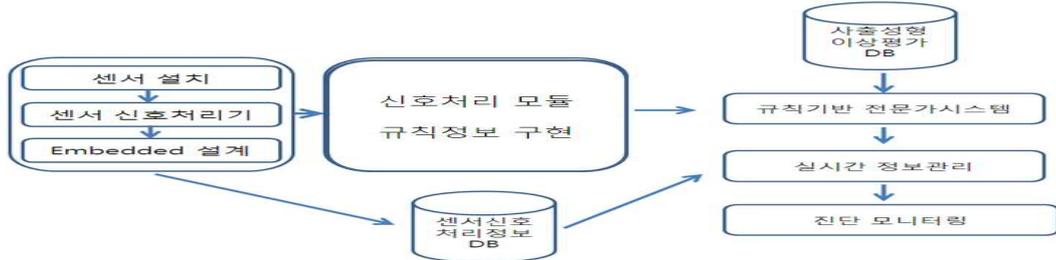
### 5) 성형시간에 의한 불량

성형시간이 짧으면 충전시간도 짧아진다. 그러므로 충전부족과 수축불량이 발생할 염려가 있기 때문에 사이클 시간을 길게 할 필요가 있다.

## 3. 임베디드 MES 시스템 구현

설비의 상태를 모니터링 정보를 기반으로 유지보수 행위를 결정짓는 방법으로 CBM(Condition Based Maintenance)이 있다. 이것은 설비의 유지보수 행위의 우선순위를 결정하기 위해 시스템의 상태를 관측/측정하여 실시간 정보를 활용한다. 센서에 의한 다중신호를 처리하여 설비에서 발생할 수 있는 다양한 상태를 모니터링 할 수 있는 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)시스템이 응용되고 있다. 이러한 감시시스템에서 얻어진 정보를 분석, 진단하고자 할 때는 전문가의 복잡한 경험적 지식을 결합하는 전문가 시스템이 이용되고 있다. 그러나 전문가 시스템은 오랜 경험을 요구하며 실험적이고 불확실한 지식, 입력되어진 지식 외의 사고해결 불가능, 경험적 규칙 확보의 어려움, 실시간 진단 등의 문제점을 갖고 있다. 이러한 상황을 처리하기 위해 본 연구에서는 여러 분야의 이론을 접목하여 RD-QMS(Realtime Diagnosis Quality Monitoring System) 모델을 <그림 4>와 같이 개발하였다. 센서와 관련한 하드웨어부, 센서신호값 데이터베이스 추론 알고리즘에 의한 전문가 시스템부, 사용자나 작업자에게 사출성형기에서 발생할 수 있는 품질이상을 진단하기 위한 정보를 처리하기 위한 소프트웨어부와 데이터베이스부로 나누어 개발하였다. 생산성 향상을 위한 평가분석을 위해 우진기업에서 제작한 사출성형기 SELEX-ND700에 장착하여 RD-QMS 모델의 효과 분석에 적용하였다. 본 사출성형기는 PC, PP, HIPS, ABS 등의 원재료를 열과 압력을 가하여 금형의 형상대로 성형물을 만드는 설비이다. 따라서 금형에 저장

된 원재료에 기준에 맞는 온도, 압력 그리고 시간이 벗어나면 성형물에 이상이 발생하여 품질불량을 유발하게 된다.



<그림 4>RD-QMS 구현과정

### 3.1 센서의 설치

RD-QMS가 운영하기 위해서 <그림 4>에서와 같이 성형물 가동상태 정보를 신호처리하여 전문가 추론 알고리즘에 넘겨주는 가장 먼저 진행하여야 하는 부분으로 신호증폭에 따른 노이즈 제거와 최근에 마이크로프로세서의 최소화, 고성능화 기술의 발전으로 임베디드 마이크로프로세서에 의한 분해능, AD(analog-Digital)컨버터 설계로 나누어 볼 수 있다.

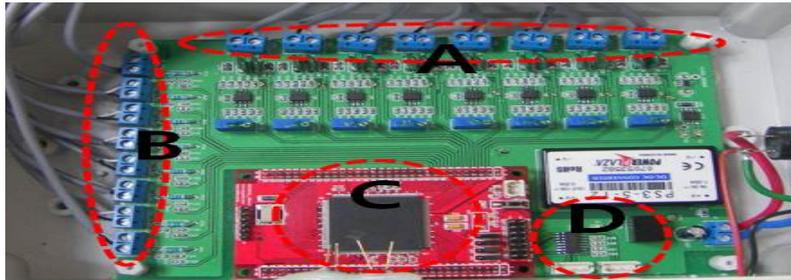
대부분 센서를 통해 측정하는 방법은 직접측정과 간접측정이 있다. 그중 직접 측정은 센서설치 부분에 대한 추가적인 가공이 필요하고 센서설치에 필요한 공간으로 사출성형기 구성품과 간섭이 발생할 수 있다. 성형물의 품질진단을 위해 성형인자들인 압력, 온도, 시간의 정보를 정확하게 알기 위해서는 성형물에 가까운 위치에 센서를 설치하여야 한다. 그러기 위해서는 금형부위에 설치하고 온도에 의한 편차, 진동, 충격에 의한 센서의 오동작을 최소화 하도록 설치하여야 한다. 압력측정은 KELLER사의 PA-21Y/1000bar 2개와 온도측정은 백금 측온저항체 Pt100 2개를 사용하여 성형물에 최대한 가까운 위치인 금형에 압력과 온도센서를 장착하였다. 압력센서는 4-20mA 출력으로 이러한 전류신호를 전압신호로 변환할 수 있는 것과 온도센서는 0℃가 100Ω으로서 저항값을 전압으로 변환할 수 있는 센서를 선택하였다. 짧은 시간에 많은 컨버팅을 하기 위해서는 증폭기와 관련한 회로를 단순화하기 위해서이다.

### 3.2 임베디드 마이크로프로세서

센서신호를 처리하기 위한 마이크로프로세서는 Atmel사의 ATmega128에 의해 설계하였으며, 전문가추론부에 전송하기 위해 유선방식에서 Zigbee통신에 의한 무선방식으로 전송하였다. ATmega128은 CPU내부에 프로그램과 데이터 메모리가 완전히 분리되어 있는 Harvard Architecture로 되어 있다. 또한 기존의 개선된 RISC 구조로서 단일 클럭으로 133개의 명령어가 되어있고, 8비트로 구성된 32개의 범용 작업 레지스터이며, 최대 16MHz에서 16MIPS(Million Instruction Per Second)의 처리율로 되어 있다.

128K 바이트의 플래시 메모리와 4K 바이트의 EEPROM 그리고 4K 바이트의 내부

RAM 구조로 되어 있다. 2개의 8비트 타이머/카운터, 2개의 동기/비동기 통신 포트가 있으며, 53개의 프로그램이 가능한 I/O장치가 있다.



<그림 5>신호처리용 임베디드 제어장치

<그림 5>는 8개의 압력과 온도신호와 무선통신을 위한 임베디드 제어장치이다. [Figure 25]의 ‘A’는 온도신호처리부이고, ‘B’는 압력신호처리하고, ‘C’는 마이크로프로세서부, ‘D’는 마이크로프로세서 정보를 PC에 전송하기 위한 시리얼 증폭부이다.

### 3.3 전문가 추론 시스템

RD-QMS는 전문가 시스템의 규칙기반 알고리즘으로 사출성형기의 이상진단을 판단하도록 하였다. 따라서 사출성형기의 가동상태 이상상황을 분석하기 위해서는 진리표 로직에 기초하고 있다. 규칙기반은 입력변수, 출력변수들과 연관된 규칙의 집합이며 각 경우에 있어서 해야 할 일을 결정하게 해준다. 일반적으로 입력과 출력의 개수에 따라서 <표 2>와 같은 형태를 갖는다.

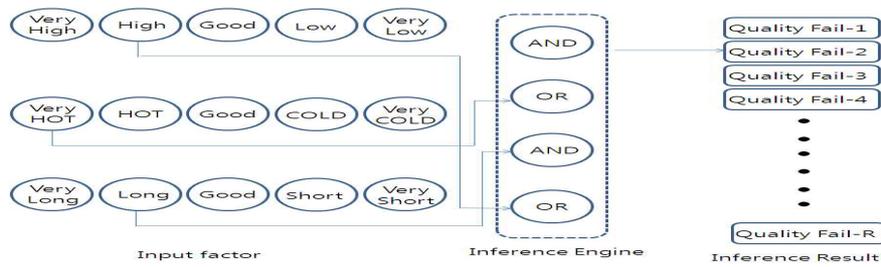
<표 2>전문가 규칙기반 입, 출력 추론엔진

①if <조건> then <실행> ②if <조건1 과(또는) 조건 2> then 실행 ③if <조건2 과(또는) 조건 2> then <실행1 과(또는) 실행2>
---

추론:1 만약 온도가 HOT이고 압력이 HIGH이고 시간이 HIGH이면 품질불량(2) 그러나 위와 같은 규칙의 논리를 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

추론:2 만약 온도가 HOT이거나 압력이 HIGH이면 품질불량(5) 추론

위에서 제시한 두개의 규칙은 서로 상이한 결과를 나타낸다. 보통, 진리표에서 첫번째 경우에는 두조건이 참이어야 품질불량(2)의 추론을 하지만, 두 번째 경우는 조건 중 하나만 참이면 품질불량(5)를 추론하게 된다. 앞에 제시한 추론 예를 <그림 7>으로 추론도제 제시하였다.



<그림 7> 전문가 규칙의 추론도

이러한 각 입력요소들의 자료를 추론하기 위한 RD-QMS 규칙테이블을 만들어 전문가 모듈에서 품질이상 DB에 접근하여 모니터링 시스템과 데이터베이스 저장모듈로 처리한다.

### 3.4 모니터링 소프트웨어

전문가추론 알고리즘에 의한 정보를 관리하는데 있어 향후에 유지관리가 용이하도록 범용 소프트웨어를 사용하였다. MS-Windows 기반의 MicroSoft사의 VisualBASIC Ver6.0과 데이터베이스는 VB의 MDB를 사용하여 품질이상 DB와 센서신호처리정보 DB 2개를 구축하였다.

데이터베이스는 <그림 9>와 같이 일일작업 후에 저장이 되도록 하여 한 번에 많은 양의 정보가 운영을 할 필요가 없어 SQL까지는 설계하지 않았다. 테이블에 있는 각 항목들을 보면 <그림 8>은 품질이상 데이터베이스를 나타내었다. 전문가추론 결과에서 성형표준정보와 각 성형인자들과의 차이를 If-Then규칙으로 품질이상을 판단하도록 하였다. 품질이상정보를 알려주기 위하여 '1'은 온도요인, '2'는 압력, '3'은 시간에 의한 원인으로 품질이상을 발생하는 것을 표시한다.

dia-warminq	Fuzzv-factor	Fuzzv-value
Burr	1	0.6
Sink Mark	2	0.6
Short Shot	3	0.8
광택불량	2	0.42
Crack	2	0.55
Air pocket	2	0.73
Burnt Streak	1	0.25
Glass Fiber Streak	1	0.9
Gloss / Gloss Difference	2	0.6
Gloss / Gloss Difference	1	0.6
Weldline	2	0.75
Jetting	3	0.35
Flow Mark	1	0.15

<그림 8> 품질이상 데이터베이스

품번	시간	온도#1	온도#2	압력#1	압력#2	시간
Housing SC Upper	09:28:08	72.1	72	120	120.1	12
Housing SC Upper	09:28:32	72.1	72.1	120	120	12
Housing SC Upper	09:29:00	72	72	120	120.1	12
Housing SC Upper	09:29:58	71.9	72	120	120	12
Housing SC Upper	09:30:18	72	72	120	120	12
Housing SC Upper	09:30:18	72.1	72	120.1	120	12
Housing SC Upper	09:30:48	72	72	120	120	12
Housing SC Upper	09:31:08	72	71.9	120	119.9	12
Housing SC Upper	09:31:48	72	72	120	120	12
Housing SC Upper	09:31:48	72	72	120	120.1	12

<그림 9> 실시간 생산정보 모니터링

## 4. 효과분석

RD-QMS모델에 의해 임베디드 MES의 실험한 데이터를 기반으로 실패비용에 대해 추정하여 봤다. 추정하여 산출된 정보는 일반적으로 사출성형 시에 발생하는 정상공정에서 발생하는 경우의 수에 따라 내용을 작성하였다.

### 4.1 데이터 수집

본 논문에서 언급되는 사출정보와 데이터는 금형을 제작한 제작처에서 정보를 수집하였으며, 양산에 대한 실패비용 정보는 양산처 담당자와 실제 행해지는 사출성형 업무를 기반으로 작성되었다. 제품 데이터에 대한 정보는 프린터 외장부품이며, 1 cavity 금형에서 성형된다. 실패비용을 산출하기 위한 기본 정보는 <표 3>과 같다.

### 4.2 손실비용 산출방법

- (1) 재료비 산출: 파트별 사용량에 수지별 단가를 나눴고, 검사주기인 100shot는 1lot 기본생산수량이다.
- (2) 부적합 사출시간: 파트당 cycle time에 대해 검사주기인 100shot를 기본 생산시간으로 하였으며, 이를 초단위를 시간으로 환산하여 적용하였다.
- (3) 가공비 : 업체에서 사용하는 설비에 대한 기준임율을 기초로 하였으며, 손실시간을 곱하여 가공비를 산출하였다.
- (4) 검사비 : 검사업무에 해당하는 관리비를 반영하였다. 여기에는 외관검사 및 3차원 측정 장비로 치수검사를 포함한 비용으로 산출하였다.

<표 3> Work Information & Cost Information

내용	단위	항목	비용
1일 사출조건 변경	1회	사용 설비	700Ton
		설비 임율	70,000
1일 사출성형작업 시간	24시간	작업자임율(설비운전자 2대운용)	7,500
1일 검사주기	100shot	재료비 (ABS) - kg당	2,850
		재료비 (HIPS) - kg당	2,500
작업자 수(제품별)	2명	검사비 (측정검사 포함)	30,000

(5) 실패비용 : 정상적인 공정으로 생산되어야 할 제품이 성형불량이 발생함으로써 잃어버린 생산손실에 따른 비용으로 산출하였다. 또한 기회비용은 정상공정이 이루어져야 할 공정에 이상발생 공정이 발생하였으므로 손실비용 1배를 기회비용으로 책정하였다. 실패비용 산출식은 손실비용(재료비 + 가공비 + 검사비) + 기회비용으로서

<표 4>는 각 부분별 손실비를 산출한 것이다.

<표 4>에 의하면 1일 1회의 성형불량이 발생한다면, 총 927,666원의 비용이 불량비용으로 발생되며, 이를 실패비용으로 산출하면 1,855,266원이 된다. 이는 1일에 대한 비용으로 이를 월간비용으로 산출한다면, 월 30일을 기준으로 주말 휴일을 제외하면 22일이 월 생산일수가 된다. 1일 실패비용을 생산일수를 곱하면 총 40,815,866원의 비용이 산출된다. 일반적으로 프린트 한 대에 조립되는 플라스틱 사출 부품수는 수십여 가지이다.

여기서 언급한 데이터는 파트 4가지 경우이며, 이를 수십여대 사출성형기를 보유하고 있는 실제 생산하는 양산제작업체를 기준으로 한다면, 엄청난 실패비용으로 발생한다는 것을 추정할 수 있다.

<표 4> 각 파트별 손실비 산출 값

Part No.	재료비	가공비	검사비용
1	79,800	100,333	30,000
2	70,000	88,667	30,000
3	119,700	107,333	30,000
4	136,800	105,000	30,000

<표 5> RD-QMS 도입 후 작업 정보

내용	단위
1일 사출조건 변경	2회
1일 사출성형작업 시간	24시간
사출성형 조건 재설정시간	10분
시험사출시 시제품 수	5 shot
작업자 수(교대)	2명
1인당 관리 설비	3대

또한 본 연구에서 다루고 있는 RD-QMS를 활용하여 관리한다며 사출성형 운전자 및 관리자가 대한 대응을 실시간으로 모니터링 함으로써 문제발생에 대한 대응을 신속하게 처리 할 수 있다. 이를 감안하여 정량화하여 비교 분석하고자 한다.

<표 5>에서는 1일 사출조건 변경회수를 2회로 설정하였다. 이는 사출성형기의 성능이 저하되는 주기를 현재의 작업방법보다 주기가 짧게 잡아 최대 횟수를 반영하였으며, 사출성형 조건 재설정시간이 반영되었는데, 실제 운전자가 이상 증후를 발견하여 사출성형 조건을 재설정하는데 걸리는 시간이다.

재료비 5shot, 이상발생 증후 후 운전자가 사출기까지의 이동시간 10분에 대한 불량수는 20shot, 기존 방식은 불량 시간이 100shot가 완료된 시점인 반면, RD-QMS를 도입 후에는 20분 이내에 이상발생에 대한 조치가 취해질 수 있다.

<표 6> RD-QMS 도입후 각 파트별 손실비 산출 값

Part No.	재료비	가공비	검사비용
1	₩ 3,993	₩ 4,184	₩ 30,000
2	₩ 3,503	₩ 3,697	₩ 30,000
3	₩ 5,990	₩ 4,476	₩ 30,000
4	₩ 6,845	₩ 4,378	₩ 30,000

<표 6>에는 사출성형기의 이상증후를 실시간으로 모니터링 함으로써 양산 상태에서 사출성형기의 성능 저하가 1일 2회 발생할 것으로 추정할 수 있다. 따라서 이 정보를 이용

하여 실패비용을 산출하게 되면, 총 157,066원의 비용이 불량비용으로 발생된다. 따라서 1일 중 2회의 사출성형 조건을 변경한다는 전제하에서 실패비용을 산출하면 628,262원이 된다.

위에서 언급한 방법으로 월간비용을 산출하면 13,821,800원으로 추정할 수 있다. RD-QMS를 적용 전후에 대한 실패비용을 비교하면, 64%의 손실비용을 줄일 수 있다.

## 5. 결 론

기존의 고장 및 이상진단 시스템은 진단에 있어, 현재 이상이 진행되고 있는 상태에 대한 판단을 내리기가 쉽지 않다. 그 이유는 기존 이상진단 시스템의 경우, 일반적인 이상이 이미 발생한 상태에서 단기간의 정보를 가지고 이상여부를 판단하기 때문이다. 또한 모니터링시스템을 도입한 경우에도 전문가만이 진단할 수 있어 비용측면과 시간적인 측면으로도 비효율적인 경향이 있다. 이에 비해 본 연구에서는 임베디드 MES를 통해 실시간으로 사출성형의 정보를 얻어 DB를 사용하여 실제 운전 중인 사출성형기의 지속적인 정보수집을 통하여 실제 시스템의 이력데이터 저장과 함께 전문가추론을 통해 품질이상 DB와 연동하여 이상의 진행상황을 파악하여 진단을 통해 품질이상을 예측하여 평가하도록 하였다.

그리고 PC 윈도우버전에 범용프로그램인 VisualBASIC과 MDB를 통해 모니터링 프로그램을 구성하여 타 설비에 적용하여도 쉽게 할 수 있어, 장치산업뿐만 아니라 연속생산제조업체 성격에서도 생산효과를 볼 수 있다. 또한 전문가추론과 실제 센서의 정보를 가지고 이상진단을 할 때 좀 더 신뢰할 수 있는 진단을 내릴 수 있다. 본 연구에서는 온도, 압력센서를 통해 금형에서 반응된 3가지 요인만 분석하였지만, 향후연구과제는 실제로 성형물이 탈거되어 나오는 형상을 비전시스템에 금형의 이상유무도 함께 진단할 수 있는 시스템으로 연구하여 성형물이 최적의 품질을 유지하는데 도움이 될 것이다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 정병찬, 사출성형기 분산제어에 관한 연구, 석사학위논문, 2002
- [2] 채석, 오영석, 퍼지이론과 제어, 청문각, 1995
- [3] 조웅식, 사출성형 금형설계기술, 기전연구사, 1997
- [4] 이상민, 사출금형설계, 기전연구사, 2009
- [5] 진영준, 사출성형 공정에서 캐비티 내의 압력과 온도 변화에 관한 연구, 석사학위논문, 2005, pp.4-5
- [6] 김화수 외2인, 전문가 시스템, 집문당, 1995.
- [7] 박주식, "센서를 통한 모니터링 관리시스템 연구", 안전경영과학회, 2002년 춘계학술대회.
- [8] 변중남, "애매논리를 이용한 자동제어 기술", 한국과학기술원 단기강좌 매뉴얼, 1990.
- [9] Elliot, M., "Knowledge-based systems for reliability analysis," Proc. Ann. Reliability & Maintainability Symp., 1990, pp.481-489.