

## 자동차 풀리 제조공정의 불량률 감소를 위한 데이터 웨어하우스 구조 설계

이규봉\*, 김보현(한국생산기술연구원), 오봉훈(과학기술연합대학원대학교)  
주인식, 장재덕(한국파워트레인)

### Design of Data Warehouse System for Reducing Defect Rate in Automotive Pulley Manufacturing Process

G. B. Lee\*, B. H. Kim(KITECH), B. H. Oh(Virtual Eng. Dept. UST),  
I. S. Ju, J. D. Jang(KAPEC)

#### ABSTRACT

Automotive pulleys play a key role in driving the cooling pump, oil pump, air-conditioner and so on by using an engine power. Researches on design processes and technologies of the pulleys can be found in many literatures. On the other hand, the areas related to manufacturing processes of the pulleys have been treated negligently. Vast data extracted from various information systems are transformed, integrated, and summarized to become a special database for helping users make a decision. The database, namely the data warehouse has been popularly used in the marketing and customer management of enterprises and recently applied to improve the design and manufacturing processes. In this study the manufacturing process of pulleys were analyzed through the intensive investigation of shop-floors and the interviews with workers and managers. The defects generated during a manufacturing process were categorized in a few types and the causes of defects examined for extracting the dominant parameters in the setup process for producing pulleys. As the first step to construct the data warehouse for the manufacturing processes of pulleys, authors proposed its architecture focused on the reduction of defect rate during the setup process.

**Key Words** : Pulley(풀리), Manufacturing procedure(제조공정), Data warehouse(데이터 웨어하우스), Defect cause(불량인자), Causes and effects diagram(특성요인도), Multi-dimension model(다차원 모델)

#### 1. 서론

기업에서는 여러 가지 방법으로 다양하고 방대한 양의 공정데이터를 수집하고 있다. 지금까지는 기업의 규모나 정보화의 구현 정도에 따라 다소 차이는 있지만, 공정일지, 검사일지, 작업일지 등과 같은 서류형태로 데이터를 수집하여 왔다. 최근에는 자동화 시스템이 확산되고 SPC (Statistical Process Control: 통계적 품질관리), DAS (Data Acquisition System: 데이터 수집시스템), PDM (Product Data Management: 제품데이터 관리)와 같은 정보시스템의 도입이 활발해짐에 따라 제조공정 데이터의 수집 및 관리가 쉬워졌다. 그렇지만 수집된 데이터는 공정의 이상발생 여부 판별과 같은 초보적인 수준에서만 활용되고 있고, 공정개선 및 품질개선 활동에 관련된 유용한 정보를 찾아내기 위한 자료로 활용하기에는 여전히 한

계가 있다[1]. 이러한 이유는 수집된 데이터를 체계적으로 분류 및 분석할 수 있는 시스템이 아직까지 일반화되어 있지 않기 때문이다.

최근 들어 기업 환경 상의 문제를 해결하는 강력한 도구로서 데이터 웨어하우스가 많은 각광을 받고 있다[2-4]. 특히, 마케팅 및 고객관리 분야에서는 데이터 웨어하우스에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그렇지만 제조분야에서 데이터 웨어하우스를 활용한 사례는 거의 찾아볼 수가 없다. 국내 사례로는 조선업에서 생산성 데이터와 비용 데이터를 추출 및 변형하여 통합적인 관리가 가능한 의사결정 지원용 데이터 웨어하우스를 적용한 경우가 있으며[5], 국외 사례로는 민첩한 공장 설계를 위해서 데이터 웨어하우스를 활용한 경우가 있다[6].

본 연구에서는 자동차용 풀리의 제조분야에 데이

터 웨어하우스를 시범적으로 적용하는 연구를 수행하였다. 데이터 웨어하우스 구축에 앞서 우선 풀리의 제조공정을 분석하고, 각 공정상에서 발생하는 불량 유형 및 불량 원인을 규명하였다. 그리고 데이터 웨어하우스의 구축 방법을 비교 검토하고, 풀리 제조분야에 적합한 특화된 형태의 데이터 웨어하우스 시스템의 구조를 제안하였다.

## 2. 풀리의 공정 분석

풀리는 자동차의 엔진 부분에 장착되어 크랭크샤프트의 회전력을 V-벨트로 전달 받아 워터 펌프, 파워 스프링 펌프, 에어컨, 쿨링 팬 등을 구동시켜 주는 기능을 하며, 자동차의 엔진에는 보통 7~8개의 풀리가 장착되어 있다. 본 논문에서는 대상 제품군을 명확하게 정의하기 위하여 Fig. 1과 같이 풀리형태를 구분하였다. 풀리는 제품 형상에 따라 모노 풀리, 동경2단 풀리, 폴리 풀리(2롤러 풀리와 4롤러 풀리)로 나눌 수 있다[7].

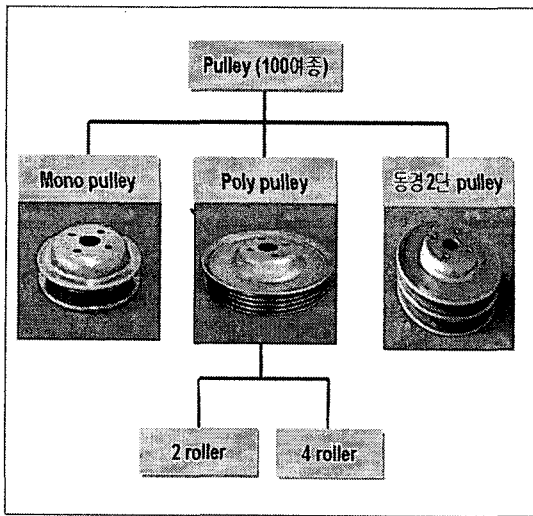


Fig. 1. Type of pulley

본 연구에서는 국내 K사 풀리 제조현장의 관찰과 생산관리 담당자들과의 인터뷰를 통하여 분석된 풀리 제조공정을 IDEF0를 이용하여 모델링하였다(Fig. 2). Fig. 2에 나타나 있듯이, 풀리 제조공정은 크게 프레스 가공, 롤링 가공, 샘플링 검사, 외경 선삭 가공, 전착도장, 검사, 포장 공정으로 이루어진다. K사의 경우에 롤링 가공과 터닝 가공은 공장 내에서 수행하고, 나머지 공정은 외주로 처리하고 있다. 롤링 가공에서 롤링 가공 회수는 제품형상에 따라 달라지는데, 모노 풀리와 동경 2단 풀리는 2차 롤링 가공까지 수행되고, 폴리 풀리는 4차 롤링 가공까지 수행된다.

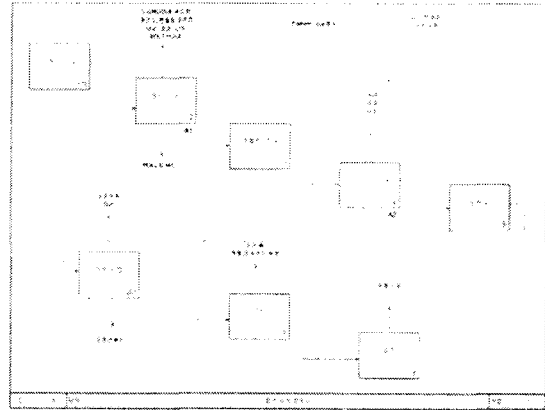


Fig. 2. Manufacturing process of pulleys in a company

## 3. 풀리의 셋업 불량 분석

풀리 제조공정의 불량은 크게 셋업 불량, 가공 불량, 도장 불량으로 나눌 수 있다. K사의 경우, 도장 공정은 외주에서 처리하고 있으며, 가공공정에서의 불량은 발생 빈도가 매우 낮고 비교적 체계적인 관리가 이루어지고 있기 때문에 가공 불량과 도장 불량은 본 연구에서 제외하였다.

풀리의 생산 로트가 변경되면, 새로운 풀리 가공에 적합한 설비의 변수 값을 재설정해야 한다. 이 경우, 양품이 나올 때까지 파라미터 값을 변경하면서 여러 개의 시제품을 생산하게 되는데, 이러한 시제품의 불량을 셋업 불량이라고 한다. 본 연구에서는 셋업 불량을 분석하기에 앞서 셋업 절차를 파악하였다(Fig. 3). Fig. 3은 4롤러의 폴리 풀리 롤링 가공의 셋업 절차를 표현한 것으로 셋업은 크게 여덟 단계를 거쳐서 이루어진다.

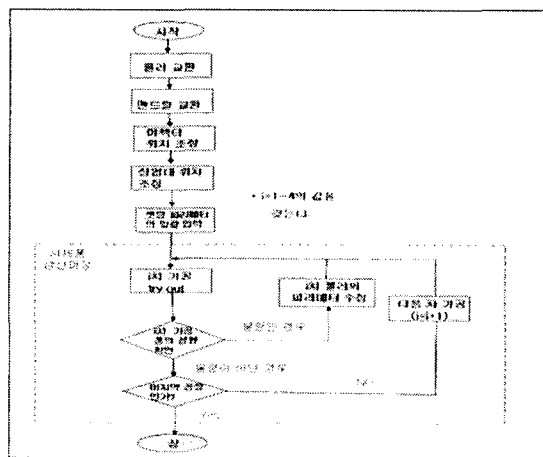


Fig. 3. Setup procedure of pulley manufacturing process

셋업 절차에서 롤러 교환, 맨드릴 교환, 이젝터 위치조정, 심압대 조정은 최초 한번 만 설정하면 다시 조정할 필요가 없으며, 불량에 특별한 영향을 미치지 않는 요소이다. Fig.3의 셋업 절차에서 점선의 사각형 부분은 순차적으로 롤러의 가공 파라미터를 변경하면서 시제품을 생산하는 과정이다. 본 연구에서는 이러한 반복적인 시제품 생산과정에 영향을 미치는 인자들을 분석하는데 초점을 맞추었다. 우선 Fig. 4와 같이 특성요인도를 사용하여 셋업에 영향을 주는 인자들을 파악하고 그들 간의 관계를 도출하였다. 특성요인도는 여러 번의 반복과정을 거쳐서 이루어졌으며, 최종적인 특성요인도는 현장 관리자와 작업자의 검증과정을 거쳤다.

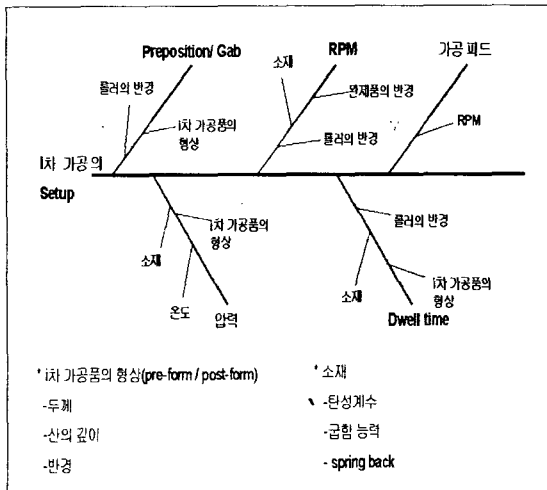


Fig. 4. Causes-and-effects diagram for setup process

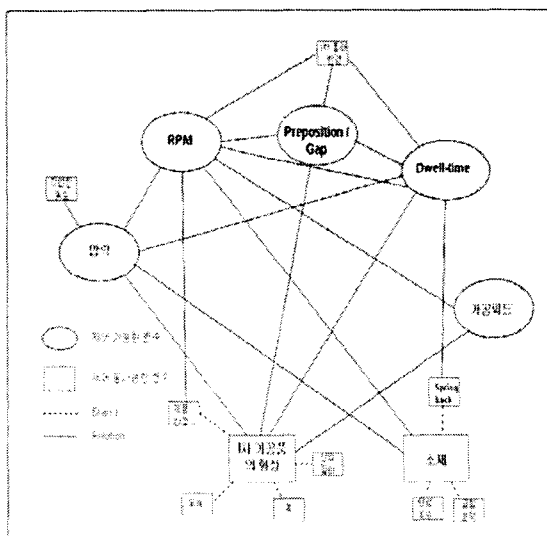


Fig. 5. Relation diagram of setup parameters

특성요인도에 의하여 도출된 셋업 인자들 간의 관계를 파악하기 위해서 Fig.5 와 같은 인자관계도를 작성하였다. 셋업과정에서 i차 가공품의 형상과 소재에 관련된 인자들은 다른 인자들에게 영향을 주는 제어 불가능 변수이다. 반면에 압력(pressure), 회전속도(RPM), preposition/gap, 가공 피드(feed), dwell-time 은 셋업 제어 변수로서 서로 밀접한 관계를 갖고 있다. 특히, 회전속도는 셋업 제어 변수들 중에서 가장 많은 영향력을 미치는 변수로 파악되었고, 그 다음으로는 dwell-time, 압력, 가공 피드 순으로 나타났다. 이러한 분석 결과로부터 셋업 과정에서 회전속도가 가장 중요하게 관리 및 조정되어야 한다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 데이터 웨어하우스 시스템 구조

데이터 웨어하우스란 수년간 기업의 정보시스템에서 생긴 내부 데이터와 외부데이터를 주제별로 통합하여 별도의 프로그래밍 없이 즉시 여러 각도에서 분석을 가능케 하는 통합시스템이다[8]. Immon은 데이터 웨어하우스를 '의사결정 지원을 위한 주제 지향적, 통합적, 시간변이적, 비휘발성의 특성을 갖는 데이터 집합'이라고 정의하였다. 이것은 정보시스템 및 운영용 데이터 베이스와의 차이를 중심으로 정의한 것으로 가장 일반적으로 인용되고 있다.

##### 4.1. 데이터 웨어하우스 구축 방법

기업이 보유하고 있는 정보시스템 상에서 데이터 웨어하우스를 구축하는 방법으로는 정보시스템 내부에 데이터 웨어하우스를 구축하는 방법과 외부에서 정보시스템과 연계할 수 있도록 데이터 웨어하우스를 구축하는 방법이 있다. 정보시스템 내부에 데이터 웨어하우스를 구축하는 방법은 정보시스템의 데이터 저장공간이 남아 있을 때 사용하는 것으로 기존 정보시스템의 데이터를 전용 프로그램을 사용하여 추출하고 데이터 웨어하우스의 사실 테이블에 바로 로딩하는 방법이다. 정보시스템 외부에 구축하는 방법은 정보시스템으로부터 데이터를 추출하여 운영 데이터 저장소(ODS: Operational Data Store)에 적재하고, 여기서 데이터의 통합과 정제를 하는 방법이다.

Table 1은 두가지 데이터 웨어하우스 구축방법을 비교한 것이다. 정보시스템 내부에 구축하는 방법은 기존 시스템의 하드웨어를 사용하고 구축비용이 저렴하며 구축기간이 짧은 장점이 있지만, 정보시스템에 부하를 증가시키거나 확장의 어려움 등의 한계를 가지고 있다. 반면에 정보시스템 외부에 구축하는 방법은 데이터 웨어하우스의 확장이 쉽고 독립적인 개발 및 운영이 가능하다는 장점은 있지만, 대용량

의 운영데이터 저장소가 필요하고 구축비용이 많이 들며 개발기간이 길다는 단점이 있다.

Table. 1. Construction methods of data warehouse

|            |    |  |
|------------|----|--|
| 내부<br>구축방법 | 장점 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 시스템의 하드웨어를 활용할 수 있다.</li> <li>- 데이터 웨어하우스의 디스크 용량을 작게할 수 있다.</li> <li>- 데이터 웨어하우스용 서버 구축에 대한 부담을 줄일 수 있다.</li> <li>- 구축비용이 저렴하고 구축기간이 짧다.</li> </ul> |
|            | 단점 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정보 시스템 안에 사실 테이블을 구축하기 때문에 정보 시스템에 부하를 많이 준다.</li> <li>- 기존 정보 시스템의 디스크 용량에 한계가 있기 때문에 향후 확장이 어렵다.</li> </ul>   |
| 외부<br>구축방법 | 장점 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 정보 시스템의 부하를 줄일 수 있다.</li> <li>- 데이터 웨어하우스의 확장이 매우 쉽다.</li> <li>- 정보 시스템과 독립적인 데이터 웨어하우스를 개발, 운영 할 수 있다</li> </ul>                                    |
|            | 단점 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터의 정제, 통합을 위하여 ODS의 용량이 커야만 한다.</li> <li>- 구축비용이 많이 들고 구축기간이 길다.</li> </ul>   |

K기업의 데이터 웨어하우스 구축에 있어서는 일차적으로는 폴리 제조공정의 불량감소를 목적으로 하고 있으나, 가공공정의 개선 및 제조공정의 지식화 등과 같은 향후의 포괄적인 목적과 제조설비의 확충계획을 고려한다면 데이터 웨어하우스의 확장성이 매우 중요한 요소로 생각되어야 한다. 특히, 기존 정보시스템의 운영에 부담을 주지 않기 위해서는, 외부에 데이터 웨어하우스를 구축하고 기업의 정보 시스템과 연동할 수 있도록 해야 한다.

#### 4.2. 데이터 웨어하우스 시스템 구조

본 연구에서는 폴리 가공공정 셋업과정의 특성을 고려하여 Fig. 6과 같은 데이터 웨어하우스 시스템의 구조를 제안하였다. Fig. 6에 나타나 있는 시스템 구조는 참고문헌[5]에서 제안한 시스템 구조를 폴리 가공공정에 적용할 수 있도록 수정·보완한 것이다.

Fig. 6에서 raw data는 SPC, DAS, PDM, ERP등의 기업의 기존 정보시스템에 저장되어 있는 데이터와 새롭게 외부로부터 입력되는 데이터를 말한다. 현재 K기업에서 사용하고 있는 정보시스템은 기능에 따라 별도로 구성되어 있으며, 독립적으로 데이터를 관리하고 있다.

ETT(Extraction Transformation Transportation)는 row data에서 데이터를 추출하고 데이터 웨어하우스에 로드시킨 상태에서 정제작업을 수행하는 전 과정을

을 말한다. 데이터의 구조가 일정하지 않고, row data 상에서 코드가 일치하지 않기 때문에 데이터 웨어하우스의 특정한 포맷과 사용자의 요구를 충분히 반영하기 위해서는 데이터의 변환 과정은 필수적이다. 이러한 ETT 과정은 PL/SQL이나 SQL 스크립 등을 사용하여 수행할 수 있다.

데이터 웨어하우스에서 운영 데이터 저장소는 데이터 가공, 변환, 정제 작업을 용이하게 해주고, 중요한 raw data를 가지고 있기 때문에 사용자의 요구 조건의 변화에 신속히 대응할 수 있도록 해준다[9]. 다차원 모델링은 사실테이블과 차원테이블을 설계하는 부분으로, 자세한 설명은 다음 하위 절에서 다루도록 한다.

데이터 분석은 데이터 웨어하우스를 구축하는 목적에 알맞은 방법을 사용하여야 한다. 본 연구에서는 데이터 마이닝 기법 중에서 신경망 알고리즘을 사용하여 데이터를 분석할 계획인데, 이것은 셋업 인자로부터 불량에 관련된 패턴을 찾아내는 것이 본 연구에서 해결해야 하는 가장 중요한 문제이기 때문이다. 일반적으로, 신경망 알고리즘은 복잡하고 비선형적인 자료에서 요구된 패턴을 쉽게 추출하는데 적합한 방법으로 알려져 있다.

메타 데이터는 데이터 웨어하우스에 있는 데이터에 대한 모든 정보를 말하며, 정보를 전송하는 역할을 담당하는 계층이다.

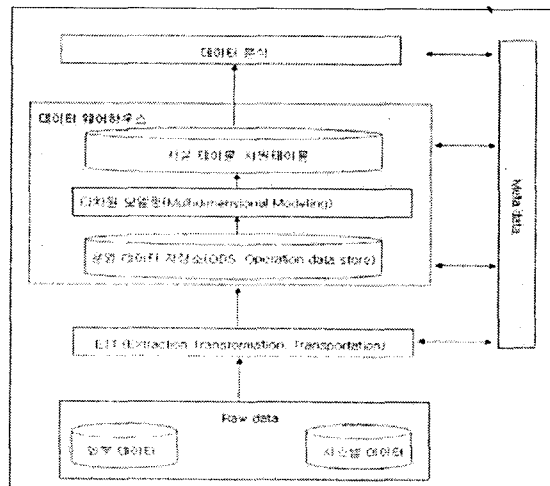


Fig. 6. An architecture of data warehouse system for pulley manufacturing

##### 4.2.1. 다차원 모델링

다차원 모델링은 데이터 웨어하우스 사용자의 다양한 요구사항을 충족시키는 복잡한 질의를 신속하게 처리하기 위하여, 차원과 사실 컬럼을 복합하여 관계형 데이터베이스로 테이블을 만드는 과정이다.

일반적으로 다차원 모델링 기법으로는 Fig. 7과 같이 스타 스키마(Star schema)와 스노우 플레이크 스키마(Snowflake schema)가 있는데, 현재는 스타 스키마를 더 많이 사용하는 추세다. 그 이유는 데이터 웨어하우스에서 차원 테이블의 크기는 문제가 되지 않고 많은 수의 조인이 문제가 되기 때문에 스노우 플레이크 스키마를 사용하면 스타 스키마보다 응답시간이 늦어지기 때문이다.

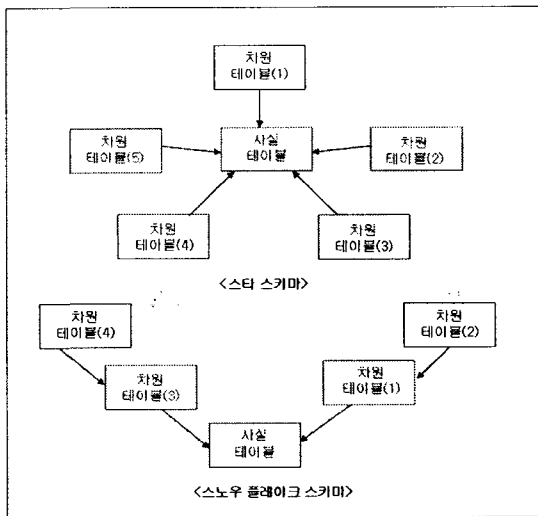


Fig. 7. Type of data schema

#### 4.2.2. 사실 테이블과 차원테이블의 설계

사실 테이블과 차원테이블을 설계하기 위해서는 먼저 기존 정보시스템에 대한 사전 조사와 사용자 요구 분석이 선행되어야 한다. K기업의 보완문제 때문에 정보시스템의 데이터에 대한 자세한 내용은 설명에서 제외하였으며, 테이블에 포함되어 있는 컬럼에 대해서도 일반적인 내용만 기술하였다. 본 연구에서 데이터 웨어하우스의 사용자는 공정 관리자와 작업자로서, 이들과의 인터뷰와 제조공정의 관찰을 통하여 일반적인 사용자 요구사항을 도출하였다. Fig.8은 셋업 인자의 분석을 바탕으로, 기존 정보시스템의 데이터와 도출된 사용자 요구사항을 분석하여 스타 스키마 형식으로 설계한 데이터 웨어하우스의 다차원 데이터 모델을 나타내고 있다.

다차원 모델의 특징은 설비를 하나의 데이터 마트로 구성했다는 것이다. 데이터 웨어하우스에는 공장 안에 있는 설비의 수만큼 Fig. 8과 같은 데이터 마트가 존재하게 된다. 이것은 풀리의 가공공정이 하나의 설비 상에서 수행되고, 제품 생산이 완전히 끝나기 전에 설비 내에 다른 제품을 생산하지 않는 풀리의 제조특성을 반영하였기 때문이다.

하나의 설비를 하나의 데이터 마트로 구성하면, 각 설비와 이때 생산되는 풀리의 관리를 동시에 할

수 있을 뿐만 아니라 새로운 설비가 도입되더라도 데이터 웨어하우스 시스템의 구조는 거의 바꾸지 않고 쉽게 확장할 수 있다는 장점이 있다.

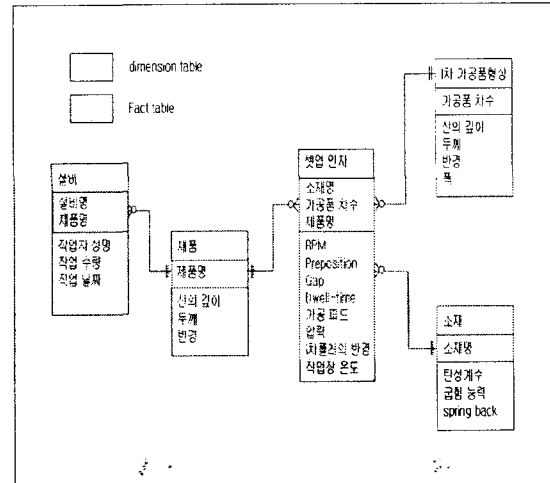


Fig. 8. A multidimensional model of data warehouse system for pulley setup process

## 5. 결론

본 연구에서는 풀리 제조공정을 분석하고, 풀리 제조공정 불량 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 셋업 불량에 대하여 분석해 보았다. 또한 셋업 공정에 영향을 미치는 인자들을 도출하고, 이들 간의 상관관계를 파악하였다. 이것을 바탕으로 풀리 가공공정의 불량을 감소시키기 위한 데이터 웨어하우스 시스템의 구조를 제시하고, 다차원 모델링을 통하여 사실 테이블과 차원 테이블을 설계하였다.

향후 연구과제로는 본 연구에서 제안된 내용을 실제로 구현함으로써 제안된 데이터 웨어하우스 시스템의 구조와 설계된 사실 테이블과 차원 테이블의 타당성을 검증하는 것이다. 또한 구현된 데이터 웨어하우스 시스템을 실제 현장에 적용하기 위해서는 데이터의 물리적 저장 방식과 보안 장치의 설계 방법 그리고 시스템의 운영 및 관리 방법에 대한 연구가 추가적으로 진행되어야 한다.

## 참고문헌

1. 안진석, 고흥진, 장중순, “데이터 마이닝을 이용한 최적 공정조건 탐색”, 대한설비관리학회지, 제4권, 제2호, pp.129-145, 1999
2. Silvia Massa, Stefania Testa, “Data warehouse in practice :exploring the function of expectations in orgaizational outcomes”, Information and Management. To be published in 2005

3. L. Chen, K.S. Soliman, E. Mao, M.N. Frolick, "Measuring user satisfaction with data warehouse: an exploratory study", *Information and Management* Vol.37, pp103-110, 2000
4. B. Shin, "A case of data warehousing project management", *Information and Management*, Vol.19, pp.1-12, 2001
5. 황성룡, 김재균, 장길상, "조선산업의 비용분석 데이터 웨어하우스 시스템 개발", *산업경영시스템학회지*, 제15권, 제2호, pp.159-171, 2002
6. J. A. Harding, B. Yu, "Information-centred enterprise design supported by a factory data model and data warehousing", *Computers in Industry*, Vol.40, pp.23-36, 1999
7. 이강수, 홍종해, 손종호, 이상현, "V 벨트용 폴리 설계/ 해석 시스템 개발", *한국자동차공학회논문집*, 제10권, 제6호, PP.209-218, 2002
8. 여성주, 왕지남, "데이터웨어하우스에서 이질적 형태를 가진 데이터의 추출을 위한 Extraction Transformation Transportation(ETT) 시스템 설계 및 구현", *산업경영시스템학회지*, 제24권, 제64호, pp.49-59, 2001
9. 장동인, 실무자를 위한 데이터 웨어하우스, *대청 미디어*, 2001