

## 풀리 제조공정의 셋업조건 결정을 위한 프로그램 설계

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

### Design of the Program for Determining Setup Conditions in Pulley Manufacturing Process

B. H. OH, J. Y. Baek(Virtual. Eng. Dept. UST), G. B. Lee, B. H. Kim(KITECH), J. D. Jang(KAPEC)

#### ABSTRACT

V-belt pulleys play a key role in driving cooling pump, oil pump, air-conditioner and so on by using an engine power. Precision deep drawing is one of the main processes for manufacturing the pulleys. Operation variables of the deep drawing equipment, called the setup parameter, must be re-determined whenever the specifications of pulley to be produced are changed. The defect rates during a setup of equipment and the working hours needed for the setup are almost dependent on workers' know-how. This study designs the program for easily determining setup conditions in pulley manufacturing process.

**Key Words** : Pulley(풀리), Manufacturing process(제조공정), Setup parameter(셋업인자), User interface(사용자 인터페이스)

#### 기호 설명

- O.P.D = Over-Pin-Diameter
- $D_g$  = Groove 깊이
- R = 산의 외경
- r = 산R의 반경
- $x_1$  = Gap
- $x_2$  = Dwell-Time
- $x_3$  = Feed

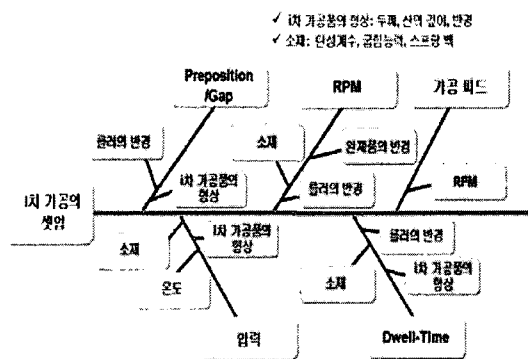
#### 1. 서론

풀리는 자동차 엔진 부분에 장착되어 동력을 전달하는 장치이다[1]. 엔진 회전력을 전달하는 풀리는 고속회전으로부터 발생하는 회전 불균형과 같은 과부하에 의한 변형을 방지하기 위하여 강성이 크게 요구되기 때문에 용접 이음매가 없는 단단 드로잉 공정에 의한 정밀 성형이 요구된다[2]. 풀리 양산과정에서 발생하는 불량은 발생빈도가 높지 않으나, 새로운 제품을 생산하는 경우 드로잉 설비의 변수 값을 재설정하면서 발생하는 셋업 불량은 다른 불량에 비하여 그 발생 빈도가 5배 이상 높다. 풀리 제조 공정에서 셋업 불량률이 많이 발생하는 이유는 드로잉 가공에서 발생하는 물리적 현상에 대하여 수치적 해석이 어려워 경험에 대한 의존도가 높고, 작업자가 시행착오에 의하여 축적한 노하우를 통하여 드로잉 공정의 설비 변수 값을 재설정하기 때문이다[3]. 이와 같이 수치적 해석이 어렵고, 사람의 노하우에 의존하는 문제를 해결하기 위한 연구가 전문가 시스템

을 중심으로 현재 세계적으로 활발히 진행되고 있으나[4-5], 자동차 풀리 제조공정에 대하여 이러한 시스템을 적용한 사례는 거의 찾아 볼 수가 없었다. 본 논문에서는 실제 제조공정에서 셋업인자 설정과정을 분석하여 작업자의 경험과 노하우가 시스템 알고리즘에 반영되도록 설계하였다. 또한 생산제품을 측정하여 정량적인 데이터를 기반으로 셋업인자를 탐색하도록 시스템을 구성하였다.

#### 2. 드로잉 공정의 셋업인자 분석

풀리 드로잉 공정의 셋업절차에서 주요인자를 추출하기 위해 셋업절차에 대한 설문지를 작성하고 분석하여 다음과 같은 특성요인도를 작성하였다(Fig.1).



<Fig. 1. 셋업인자에 대한 특성요인도>

특성요인도를 바탕으로 각 셋업인자와 폴리형상 인자와의 관계를 정밀하게 분석하기 위하여 회귀분석 모델 도출을 위한 실험을 실시하였다. 완전요인실험법에 의하여 작업자가 셋업조건 설정 시 조정하는 인자(Gap, Feed, Dwell-Time)에 대하여 48회씩 2회 반복 실험을 실시하고 회귀분석 모델을 도출하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

$$O.P.D = 0.940438x_1 - 0.011421x_2 - 163.949775 \quad (1)$$

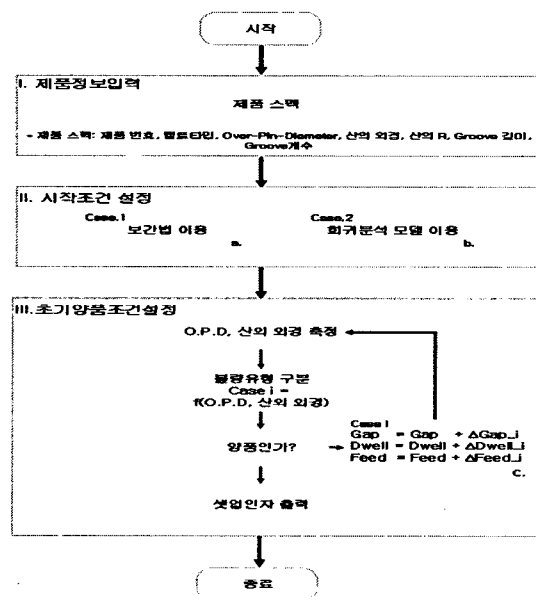
$$R = -2.900816x_1 + 0.0317034x_2 - 0.000108x_3 + 170.931850 \quad (2)$$

$$Dg = -2.035875x_1 + 0.024487x_2 + 6.84359 \quad (3)$$

$$r = 1.062500x_1 - 0.0126772x_2 - 2.261000 \quad (4)$$

### 3. 셋업인자 설정 시스템 설계 및 구현

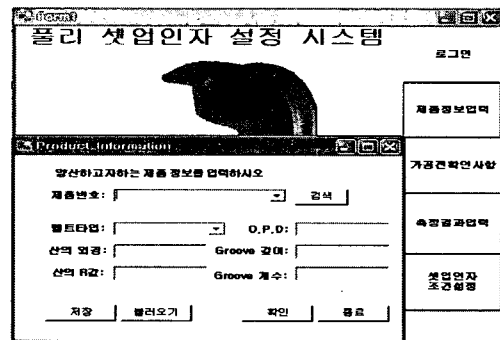
생산현장에서 경험과 노하우를 시스템에 접목시키고, 작업자의 업무흐름을 방해하지 않기 위해 사용자 시나리오를 작성하였고 사용자 시나리오를 바탕으로 시스템 시나리오를 작성하였다. Fig. 2은 셋업인자 설정 시스템에 대한 시스템 시나리오이다.



<Fig. 2. 셋업인자 설정 시스템의 시스템 시나리오>

Fig. 2에서 보면, 작업자에 의하여 입력된 제품정보에 대하여 두 가지 대안 즉, 보간법과 회귀분석 모델을 사용하여(즉, 식(1)~(4)를 활용하여) 셋업인자의 시작조건을 계산하고, 계산된 시작조건을 설정하여 폴리 제품가공을 하게 된다. 가공된 제품은 작업자가 O.P.D와 산외 외경을 측정하여 시스템에 입력한다. 시스템은 측정된 결과를 계산하여 가공품의 불량유무를 판단하게 되고, 예상되는 불량현상과 개선된 셋업인자를 작업자에게 제시한다. 불량이 발생되

지 않는 셋업조건까지 탐색이 완료되면, 현재 조건에서 예상되는 제품형상을 계산하여 작업자에게 제시하고, 실제 측정결과와 비교한다. 이러한 시스템 시나리오를 바탕으로 하여 클래스 다이어그램을 작성하였다. 그리고 셋업절차를 WBS(Work Breakdown Structure)을 사용하여 기능별로 분류하고 이에 따라 UI(User Interface)를 구현하고 시스템을 구축하고자 한다. Fig. 3은 셋업인자 설정시스템에 대한 UI의 예를 보여주고 있다.



<Fig. 3. 셋업인자 설정 시스템의 제품 스펙정보 입력창>

### 4. 결론

본 연구에서는 폴리 드로잉 공정의 셋업인자들을 분석하고 새로운 제품의 양산시, 셋업인자들의 재설정을 도와주는 셋업인자 설정시스템을 설계하여 보았다. 이 시스템은 셋업인자 설정시간을 단축시킴으로써 폴리 제조시간 단축 및 원가 절감에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 이 시스템을 실제로 생산현장에 적용하여, 셋업 절차 개선효과에 대하여 분석할 예정이다.

### 참고문헌

1. 이강수, 홍종해, 손종호, 이상현, "V 벨트용 폴리 설계/ 해석 시스템 개발", 한국자동차공학회논문집, 제10권, 제6호, pp.209-218, 2002.
2. 신보성, 최두선, 심국보, 송선호, "자동차 엔진폴리 성형 공정 설계에 관한 연구", 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 630-634, 1997.
3. 문영훈, "소성가공 요소기술 분류 및 공정 특성", 대한금속학회회보, 12권, 6호, pp. 719-733.
4. R. Mookherjee and B. Bhattacharyya, "Development of an expert system for turning and rotating tool selection in a dynamic environment", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 113, pp. 306-311, 2001.
5. Hedi Chtourou, Wassim Masmoudi, Aref Maalej, "An expert system for manufacturing systems machine selection", Expert Systems with Applications, Vol. 28, pp.461-467, 2005.