

벤트 그릴 조립공정 자동화를 위한 자동화지그 개발

김진우*, 박범석⁺, 한창수⁺⁺

(논문접수일 2005. 5. 30, 심사완료일 2005. 10. 4)

The Development of an Automation Jig for the Vent Grille Assembly Process

Jin-Woo Kim*, Bum-Seok Park⁺, Chang-Soo Han⁺⁺

Abstract

In this study, an automation assembly jig for the automation assembly process for the ventilation grille that is used in the interior of a car is developed. As the method that can do the automation assembly for the ventilation grille, a simple jig and air cylinder have been applied. And a solenoid valve, a filter regulator, and on-off switch have been used in controlling the system. Moreover, the timer is attached to the equipment so that a worker may control the assembly time, as fitting the quantity on demand of production. Actually with executing the assembly test productivity and performance of assembly have been verified. In case of the automation assembly work for a ventilation grille is compared to the manual work. The optimum working speed has been identified to make the process twice or three times better.

Key Words : Vent grille(벤트그릴), jig(지그), Assembly process(조립공정), Automation(자동화)

1. 서론

벤트 그릴이란 차량의 공조장치로부터 나온 공기를 실내로 유입시키는 장치로써, 자동차 운전자를 항상 쾌적한 상태로 유지시키기 위하여 필수적인 부품이라고 할 수 있으나 벤트 그릴의 형태 및 구조의 복잡성, 그리고 대부분의 조립공정을 수작업에 의존하고 있는 현실적인 어려움 때문에 제품의 생산능력이 떨어져 왔으며, 이러한 문제점을 해결하기 위

해서 벤트 그릴의 조립공정 단순화와 간이 자동화를 구현하는 것이 필요하다. 벤트 그릴 구성 부품 대부분의 조립공정에 대한 자동화도 가능하지만, 자동화 공정설치 비용 상의 여건으로 인하여 전 공정을 자동화 하기란 쉽지 않다.

따라서 제품을 생산하는 데 있어서 조립공정이 까다롭고 시간이 가장 많이 소요되는 공정중 하나인 수작업으로 이루어지는 공정, 즉 각각의 블레이드(blade)를 리브(rib)에 삽입하여 그 조립품을 다시 케이스(case)의 구멍에 삽입해 주는

* 한양대학교 메카트로닉스공학과 (holosergi@ihanyang.ac.kr)

주소: 426-791 경기도 안산시 상록구 사1동 1271 한양대학교 안산캠퍼스 공학대학 메카트로닉스공학과

+ 한양대 정밀기계공학과

++ 한양대 기계정보경영공학부

부분을 자동조립 가능케 하기 위한 지그의 개발이 벤트 그릴 조립공정 자동화 과정에서 가장 중요한 부분이라 할 수 있다.

본 논문에서는 공정의 단순화 및 자동화 비용의 절감, 또한 작업시간의 단축 등을 고려하여 고정식 공압 실린더와 지그를 이용하는 비교적 최소한의 메커니즘으로 자동조립이 가능한 시스템을 제안하였다. 궁극적으로는, 차량의 공조 장치에 사용되고 있는 벤트 그릴에 대한 자동조립 장치를 개발하여 조립 효율을 높임으로써, 제품의 생산성 및 가격 경쟁력을 강화시키는데 목적을 두고 연구하였다.

2. 벤트 그릴 자동조립 시스템 설계

2.1 시스템 설계

벤트 그릴 조립공정 자동화 시스템의 구축을 위하여 먼저 다음과 같은 사항을 고려한다.

- (1) 벤트 그릴의 구성 부품은 사출 성형품을 사용하고 있으므로, 제품 형상의 파손이 없도록 적절한 힘의 제어가 가능한 공압 실린더 사용
- (2) 자동화 시스템 구축 시 차후 연속적인 작업이 가능하도록 지지대 설정
- (3) 벤트 그릴의 구성 부품 특성상 다소 복잡한 형상을 갖추고 있으므로 자동조립 작업이 용이한 적절한 지그(jig) 설계
- (4) 차후 컴퓨터에 의한 공정 제어가 가능하도록 적절한 센서와 연속적인 작업 설정이 용이하게 하기 위한 설계

위와 같은 시스템 설정방안을 토대로 하여, 자동화 시스템을 고안하면 Fig. 1과 같다. 각 부분에 대한 역할은 다음과 같다.

- (1) 부품 이송장치(Parts feeder) : 블레이드와 리브를 정하

- 여 가이드를 통해 순차적으로 공급해 주는 역할을 한다.
- (2) 핑거(Finger) 장치 : 가이드를 통해 공급되는 조립부품을 지그에 삽입시키는 역할을 한다.
- (3) 인덱싱 테이블(Indexing table) : 각각의 위치에 고정되어 있는 지그를 90° 각도로 회전시켜 공압 실린더 작동 시 원활한 조립이 될 수 있도록 위치를 확보해 줄 수 있다.
- (4) 공압 실린더(Air cylinder) : 적절한 압력 제어가 가능하며, 실제로 상하방향 직선운동을 통해 벤트 그릴 구성부품을 조립하는 역할을 한다.
- (5) 자동조립 지그 1 (Jig 1) : 케이스를 고정시켜 주는 부분이다.
- (6) 자동조립 지그 2 (Jig 2) : 블레이드 및 리브를 고정시켜 주는 부분이다.

위에서 언급한 벤트그릴 조립공정에 대한 자동화 시스템 중 블레이드와 리브를 조립하기 위해 가장 핵심이 되는 부분은 공압 실린더와 자동조립 지그라고 할 수 있으며, 이 부분이 완벽하게 설정된다면 나머지 부분은 연속적인 공정에 의한 작업의 한 부분으로 추가하면 되기 때문에 공압 실린더와 자동조립 지그가 결합된 자동조립 장치 제작에 역점을 두었다.

2.2 공압 실린더 선정

벤트 그릴 조립공정 자동화 장치에 사용될 공압 실린더의 적절한 선정 및 압력제어를 위하여 우선 공압 실린더의 작동력 범위를 설정할 필요가 있다. 작용하는 피스톤이 실린더로부터 공기 공급을 받아 상/하 왕복운동을 할 때 실린더 내부에서 발생하는 발생압력과 실린더의 내경 및 압력과의 관계에 관한 방정식은 다음과 같다.

$$F_p = \mu \cdot F_f \tag{1}$$

$$F_f = P \cdot \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \tag{2}$$

여기서,

F_p : 실린더 내에서의 발생하는 힘 [kgf]

F_f : 이론적으로 발생하는 힘 [kgf]

μ : 마찰 계수 (=0.7)

P : 사용압력 [kgf/cm²]

D : 실린더 내경 [cm]

d : 피스톤 로드 직경 [cm]

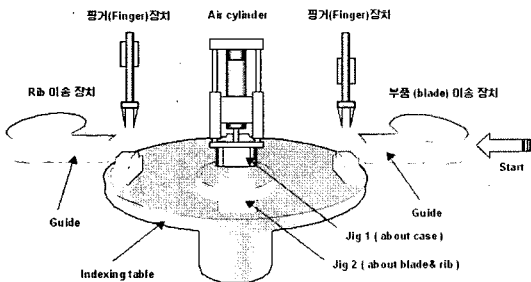


Fig. 1 Automation system layout for the vent grille assembly

Fig. 2에 식 (2)를 바탕으로 공압 실린더의 내경과 압력이 변화함에 따라 실린더 내부에 발생하는 힘을 그래프로 나타

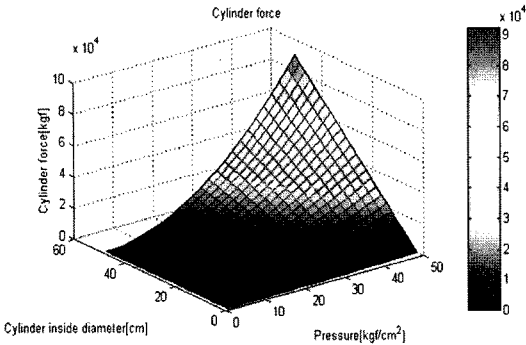


Fig. 2 Cylinder interior force according to the change of a cylinder inside diameter and pressure

내었다. 이때 하중압력계수는 일반적으로 클램프 시스템과 같은 정적 시스템에서 사용되는 0.7의 값을 사용하였고, 상온을 기준으로 하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 실린더 내경은 3~8[cm] 사이, 압력이 0~6[kgf/cm²] 사이일 때 공압 실린더 내부의 힘이 선형적인 거동을 하므로, 이 범위에서 적절한 압력과 그에 따른 실린더 내경을 선정하고자 하였다. 블레이드 및 리브를 케이스에 조립하기 위하여 요구되는 힘은 케이스의 재질과 안내홈의 각도 및 크기, 블레이드의 개수에 따라 결정된다. 수학적 해석과 실험을 통하여 조립을 위한 최소한의 힘 10[kgf]을 정하고, 허용 안전계수 3을 고려하여 공압 실린더를 선정하였으며, 이때, 실린더의 속도는 너무 빠를 경우 제품의 손상 가능성이 발생하고 느릴 경우 생산성이 저하되므로 적절한 범위의 제품을 선정하였다. 이와 같은 기준을 적용하여 복동형 공압 실린더(모델명 : CMB40-100)를 선정하였으며, 자세한 사양은 Table 1과 같다.

Table 1 Specifications of a CMB40-100

항 목	사 양
사용유체	공기
보증내 압력	15kgf/cm ² {1500kPa}
최고 사용압력	9.9kgf/cm ² {990kPa}
최저 사용압력	0.5kgf/cm ² {50kPa}
주위 및 사용유체온도	5~60℃
사용 피스톤 속도	50~200mm/s
나사공차	JIS2급

2.3 지그 제작

자동 조립대상이 되는 블레이드와 리브는 재료의 성질, 즉 플라스틱 고유의 특성이 잘 고려되어 조립 시 파손과 변형을 최소화 하면서 공압 실린더의 힘을 적절하게 분배 받는 역할이 가장 중요한 관건이 된다. Fig. 3에 블레이드 및 리브를 고정하고 조립하기 위해 제작된 모습을 나타내었다. 이 지그는 사각형 형태로 전체 기계 프레임(frame)에 고정될 수 있도록 제작하였으며, 블레이드와 리브를 고정하기 위해 윗 부분에 5개의 홈을 가공하였다. 또한 홈 가공을 용이하게 하기 위하여 지그의 일부 중 블레이드와 리브가 고정되는 부위는 날개 형태로 나누어 별도로 가공하였으며, 분해 및 조립이 가능하도록 제작하였다. 블레이드와 리브를 동시에 고정하기 위한 지그 제작을 위하여 사용된 재질은 베이크라이트(Bakelite) 합성수지 재질로서 가공성 및 무게를 고려하여 선정하였다.

Fig. 4에 케이스를 고정하고 조립하기 위해 제작된 지그를 나타내었다. 케이스를 고정할 수 있는 지그는 알루미늄을 사용하였으며, 케이스 하단부 반달모양의 홈 형상과 같은 형상

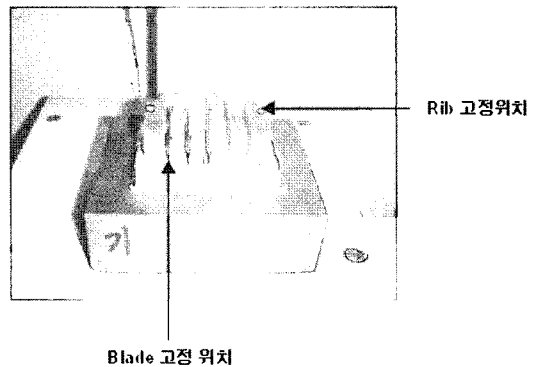


Fig. 3 Blade and rib setting jig

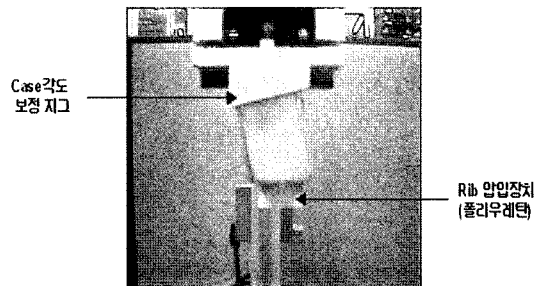


Fig. 4 Casesetting jig

으로 가공하여 케이스 고정 시 수작업으로 간단히 끼울 수 있도록 제작하였다. 제작 과정에서, 케이스 자체가 완전한 원기둥 형태가 아니라 윗 부분이 12° 정도 기울어진 형태이기 때문에 지그에 고정한 후 공압 실린더를 작동시켰을 때 케이스의 홈 부분이 블레이드와 리브 고정 지그에 정확하게 압입이 될 수 있도록 기울어진 각도를 보정할 수 있는 별도의 지그를 고안하였다. 또한 리브를 블레이드에 압입시킬 수 있는 압입장치를 고안하여 케이스 고정용 지그에 별도로 부착하였으며, 블레이드 위에 위치한 리브를 압입할 때 스프링을 이용한 쿠션으로 압입이 가능하도록 하여 압입시 과도한 부하가 발생될 수 있음을 방지하였다. 케이스 고정용 지그는 에어 실린더의 가이드 부분에 장착되어 실린더가 상하 방향으로 작동시 같이 움직일 수 있도록 제작되었다.

3. 자동조립 시스템 제작

3.1 벤트 그릴 구성부품

Fig. 5에 벤트 그릴 구성부품을 나타내었다. 본 모델은 현재 양산 및 시판되고 있는 제품이며, 사출 성형된 부품은 총 16개로 구성된다. 사용 재질은 내충격성과 내열성이 우수해 자동차 내장재에 가장 많이 적용하고 있는 내열 ABS가 사용되었다. 제품을 볼 때 기능적인 부분은 문제 될 것이 없으나 다소 복잡한 외관을 가진 것이 결점이다. 구성 부품 각각의 기능을 간략히 설명하면 다음과 같다.

- (1) 블레이드 : 케이스에 조립이 되는 블레이드와 커버에 조립이 되는 블레이드로 나누어지며, 차량의 공조장치로부

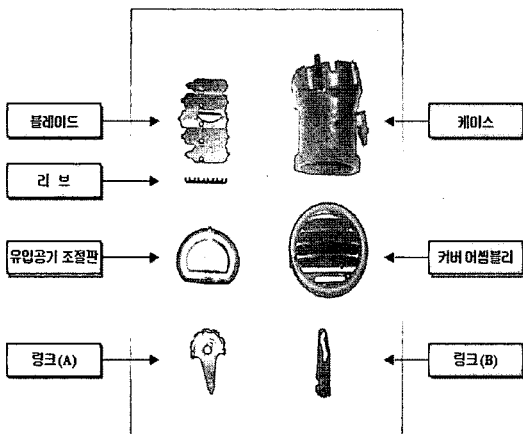


Fig. 5 Vent-grille parts

- 터 실내로 유입되는 공기의 방향을 조절하는 역할을 한다
- (2) 리브 : 각각의 블레이드가 조립이 되어지며 승객의 조작에 따라 블레이드가 동시에 방향전환이 가능하도록 하는 역할을 한다.
- (3) 유입공기 조절판 : 케이스의 내부에 조립이 되며, 링크의 조작으로 실내로 유입되는 공기의 양을 조절하는 역할을 한다.
- (4) 링크(A) : 모두 2종류의 링크가 있으며, 이것을 조작하면, 또 하나의 링크(B)와 유입공기 조절판을 동작하게 하여 실내로 유입되는 공기량을 조절할 수 있게 되어 있다.
- (5) 케이스 : 벤트 그릴의 몸통부분에 해당되며, 이것을 제외한 모든 구성부품이 케이스에 조립된다.
- (6) 커버 어셈블리 : 4개의 블레이드와 리브가 커버 양쪽의 구멍에 결합되며 최종적으로 케이스의 윗 부분에 조립이 된다.
- (7) 링크(B) : 실내로 유입되는 공기량 조절을 위해 링크(A)를 조작할 때, 힘을 전달 받아 그 힘을 다시 유입공기 조절판에 전달하는 매개체 역할을 한다.

3.2 시스템 구성요소

앞서 언급된 내용을 바탕으로 벤트 그릴 조립공정 자동화를 위한 장치를 직접 제작하였다. 이 장치를 구성하는 요소는 다음과 같다.

- (1) 공압 실린더 : 앞서 설정된 힘이 충분히 적용할 수 있고, 사용자에 의해 적절한 힘이 제어될 수 있다.
- (2) 지그 : 조립대상 부품인 블레이드 및 리브, 그리고 케이스를 고정하기 위한 부품으로 사용재질은 가공성과 무게를 고려하여 선정하였다.
- (3) 솔레노이드 밸브 : 유공압 액추에이터의 구동 제어를 위해 반드시 필요한 부품이며, 액추에이터의 작동방향이나 압력 등을 제어한다. 공압 실린더에서 발생시킬 수 있는 최고 사용압력(9.9kgf/cm²)에 맞추어 선정하였다.
- (4) 필터 레귤레이터(filter regulator) : 공압 실린더의 뒷부분에는 filter regulator가 부착되어 있는데 이것은 동력원과 직접 연결되며, filter 를 통해 흡입된 공기의 압력을 조절해 준다.
- (5) 콤푸레샤(Compressor) : 동력원으로써, 필터 레귤레이터와 연결되어 이것을 통해 일정한 압력으로 공압 실린더에 공압을 공급해 준다.
- (6) 타이머(Timer) : 작업자가 생산량에 맞추어 제품 조립시간을 조절할 수 있도록 한다.

- (7) 전원 스위치 : 시스템에 전원을 공급해 준다.
- (8) 작동 스위치 : 대상이 되는 부품의 자동조립을 위해서 필요하며, 버튼 작동 시 공압 실린더가 작동을 하게 된다.

3.3 시스템 제작 및 동작실험

앞서 언급한 구성한 요소들을 이용하여 벤트 그릴 조립공정 자동화 장치를 제작하였다. Fig. 6은 벤트 그릴 자동조립장치가 제작되어진 모습이며 공압 실린더와 지그, 타이머가 설치되었다.

제작되어진 자동조립 장치를 직접 작동시켜 성능을 시험해 보고, 제품의 조립 완성도와 불량률 등을 점검하여, 부품을 조립하기 위한 최적의 상태를 얻기 위한 실험을 하였다.

Fig. 7은 블레이드와 리브 및 케이스를 각각의 지그에 고정 한 후, 동작 스위치를 눌러 자동 조립되는 과정을 나타낸 것이다. 또한 Fig. 8은 사용압력에 변화를 주면서 제품을 조립할 때 생성된 불량 갯수를 나타낸 것이다. 각 압력마다 20회씩 조립을 실시하였으며, 공압 실린더의 최저 압력에서부터 최고 압력 지점까지 실험하였다. 또한 사용압력을 4~6.5[kgf/cm²] 정도로 설정해 줄 때 가장 좋은 조립성을 보였다.

Fig. 9는 타이머 조절에 대하여 1분당 조립할 수 있는 수량을 나타낸 것으로 시간조절에 의해 조립수량이 달라짐을 알 수 있다.

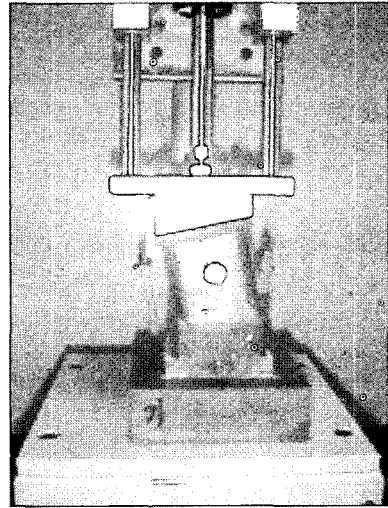


Fig. 7 Post parts assembled

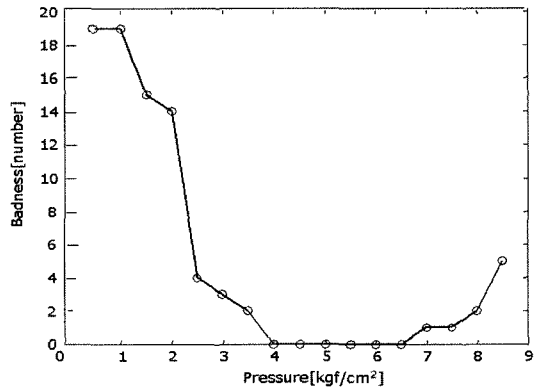


Fig. 8 The number of badness vs. the pressure variation

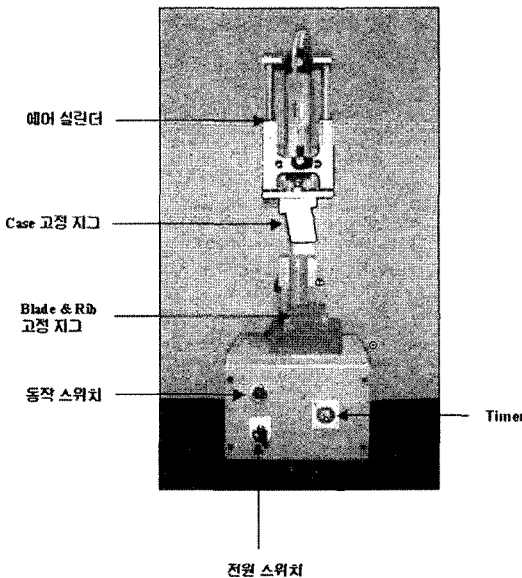


Fig. 6 The automation jig for a vent grille assembly

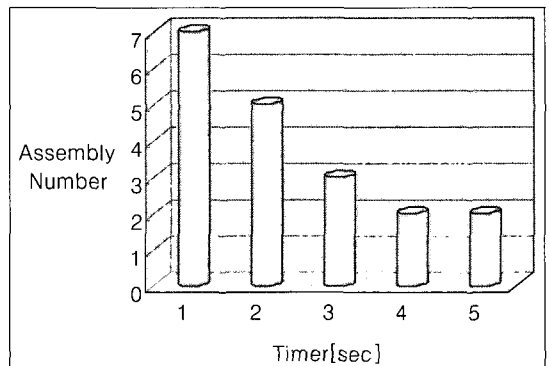


Fig. 9 The number of assembled parts by the timer

3.4 실험

양질의 벤트 그릴 샘플을 대상으로 조립 테스트를 실시하였으며 1개당 조립시간은 비 숙련자인 경우 약 20초 정도 소요되는 것으로 결론지을 수 있었다. 블레이드(SEA)와 리브 및 케이스를 고정시키는 시간은 개당 2초(총 14초)가 소요되며, 에어 실린더의 상하 직선운동으로 블레이드가 케이스에 조립된 후 조립품을 지그로부터 분리해 내는데 4~6초가 소요된다. Table 2는 1일 8시간 작업 기준으로 기존의 수작업과 개발된 자동조립 장치를 이용하였을 경우에 대한 생산량을 비교한 것으로 기존의 수작업에 비하여 월등한 생산성 향상을 나타내고 있음을 알 수 있다.

Table 2 Comparison of working by hand with an automated equipment in the productivity

조립방법	생산량(EA/1일)
수작업	400~450(EA/1일)
자동조립장치	1440(EA/1일)

Table 3 An assembly process order

공정순서	공정의 명칭
1	블레이드 공급 및 지그에 삽입
2	아이들
3	리브 공급 및 지그에 삽입
4	케이스 지그에 삽입(수작업)
5	압입 및 체크

4. 결론

앞서 언급한 바와 같이 블레이드와 리브 및 케이스의 조립 과정을 수작업에 의존하였을 경우에 비해 고안된 자동 조립 장치를 이용하면 3배의 생산성 및 조립성을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다. 또한, 부품 공급장치, 피겨 장치 및 인덱싱 테이블을 이용하면 더 짧은 시간 내에 자동조립이 가능하다는 점을 알 수 있었으며, 나아가서는 벤트 그릴 구성 부품 전체에 대한 완전 자동화가 가능하다. 또한, Fig. 1과 같은 방식으로 전반적인 자동조립 시스템을 구현하고자 할 경우에 블레이드 공급 및 지그에 삽입 → 아이들 → 리브 공급 및 지그에 삽입 → 케이스 지그에 삽입 → 압입 및 체크 순으로 하는 것이 가장 효율적임을 알 수 있다. 최적의 조립 자동화를 위해서는 우선적으로 부품 설계부터 최적의 시스템

구축까지 필히 고려되어야 할 요소로서 조립부품의 표준화, 규격화, 단순화가 필요하다. 부품의 품질 안정 기술 및 제품 설계 개선에 관한 측면을 고려한다면 가동률의 향상과 원가 절감에도 도움이 될 수 있으므로 자동조립 고유의 기술을 한층 더 두드러지게 할 수 있다고 본다. 최종적으로, 벤트그릴 조립공정 자동화에 따른 효과는 다음과 같다.

1. 부품 조립에 있어서의 정밀도 향상
2. 부품 불량률의 감소
3. 가동률의 향상
4. 작업 속도의 향상(작업자의 훈련을 통한 능숙화)
5. 생산성의 향상
6. 조립 방식에 의한 능률향상(조립 방법의 연구)
7. 제품 설계의 개선(제품 설계자를 대상으로 자동조립 기술의 교육)
8. 제품의 가격 경쟁력 강화

참고 문헌

- (1) Arthur, G. E., 1984, "Advanced Mechanism Design Analysis and Synthesis," Third Edition, pp. 21~116.
- (2) George H. M., 1982, "Kinematics and Dynamics of Machines."
- (3) Nicholas P. C., 1991, "Mechanisms & Mechanical Devices Sourcebook," pp. 67~94.
- (4) Sim, H. J., 1997, "A Study for the Development of an Intelligent Robot Hand for the Automation in the Steel Frame Construction," pp. 8~35.
- (5) Choi, K. L., 1998, "A Study for the Analysis and Fabrication of Serial-Parallel Type of Hybrid Robot," pp. 4~42.
- (6) Choi, K. Y., 1997, "A study on the Development of an Automatic Fine Polishing System in the Penumatic System," pp. 10~33.
- (7) Kang, I. G., 1996, "A Study on the Indexing Table by the Penumatic Actuating," pp. 11~45.
- (8) Park, H. C., 1998, "A Study on the Behaviour Analysis for Processing Parameters in the Optimum Fine Polishing System," pp. 8~32
- (9) Park, G. M., Jang, J. H., Han, C. S., 1994, "Development of the Automatic Fine Polishing System," Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference.