

壓縮流體를 利用한 低投資性 自動化

金 章 鎬
〈韓國FESTO(株) 社長〉

1. 自動化

生産시설의 自動化는 흔히 人件費를 절약하기 위해서이라고 쉽사리 생각하는 사람들이 많이 있다. 그러나 自動化를 하는 目的은 人件費節約 정도가 아닌 더욱 큰 곳에 있는 것이다. 이들은 대략 아래와 같다.

첫째 : 生産性的의 向上

生産性이란 정의도 당사자에 따라 다를 수 있지만 일반적으로 生産工場의 경우 주어진 시설에서 투입된 人力 및 時間當의 生産量을 의미한다. 이것을 式으로 표시하면

$$\text{生産性} = \frac{\text{生産量}}{\text{人} \times \text{時間}}$$

로 규정되며 生産性を 높이는 것은

- (1) 生産量을 늘이거나
- (2) 人員을 줄이거나
- (3) 加工時間을 短縮

하는 것을 의미한다. 自動化는 이상의 條件으로의 進行을 도울 수 있어야 한다.

둘째 : 生産單價의 縮小

生産單價를 결정하는 요소로는 재료비, 인건비 등의 제작단가와 加工施設의 설치, 운용 등에 소요되는 시설단가가 있다. 自動化가 이루어져도 生産單價가 무조건 적어지는 것이 아니라 그림 1에서와 같이 바로 制作단가와 시설단가의 sum이 最小치를 갖는 點이 存在하게 되고 이 정도의 自動化만이 실제로 경제적이며 따라서

유용한 自動化이다.

셋째 : 製品質의 均一化

自動化를 함으로써 製品의 精밀도가 오른다고 생각하는 것은 잘못이다. 機械化 또는 自動化라는 것은 生産條件의 固定化를 의미하며 이때에 얻을 수 있는 것은 精밀화가 아니라 均一化이다. 즉 오차의 최대치, 最小치 사이가 작다 하는 의미이다. 실제로 工業製品은 필요 이상 優秀해야 할 이유가 없지만 不合格이 될 정도로 不良해서 안된다. 즉 優劣의 산포가 작아야 한다. 自動化는 이 點을 도와야 한다.

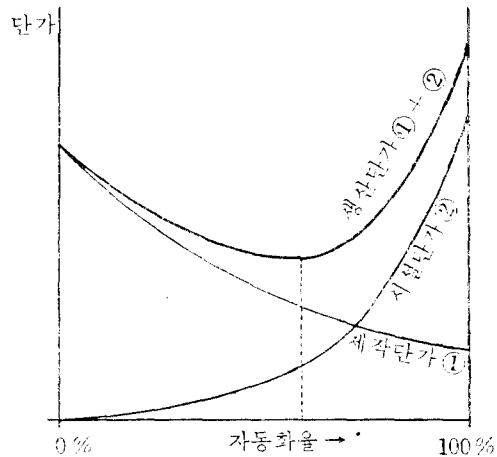


그림 1 自動化率과 生産單價

2. 低投資性 自動化

自動化가 機械化의 意味를 더욱 發展시킨 뜻

에서 사용되는 개념에서라면 低投資性 自動化는 自動化란 테두리 안에서 그의 投資 經濟性을 考慮함에 있어 初期施設投資에 못지않게 重要한 것은 보수유지비이다. 보수유지비는 고장 부품을 교환하는 등의 물건비가 있겠으나 고장 부위의 발견, 교환, 조정에 이르기까지 소프트웨어의 비용이 대부분을 차지한다.

결국, 低投資性 自動化란 우선 初期施設費가 저렴해야 되고 그 뿐 아니라 보수유지비가 적어야 하는 것이 되며 따라서 低投資性 自動化란 現存하는 施設을 되도록 그대로 유지하며 필요 불가분한 곳만 추가 투자를 행한 自動化이며 저렴한 보수유지를 위하여서는 使用者가 스스로 理解할 수 있는 自動裝置이어야만 된다는 것이다⁽¹⁾.

3. 自動化의 方法

自動化를 이루는 수단으로는 아래와 같은 여러 가지 方法이 있다.

- 1) 機械的 方法
- 2) 電氣, 電子的 方法
- 3) 壓縮流體의 方法
- 4) 기타 物理的 特性을 利用한 方法

이중 가장 오랫동안 사용되어온 것이 機械的 方法이다. 그러나 모든 機械的 構造는 일정한 유격이 존재하며 사용에 따른 마찰에 의해 마모가 생김으로 정확도가 낮아지며 이를 수정하거나 프로그램을 교환하기가 어려운 點 등이 있어 그의 사용이 사양화해 가고 있다.

전기, 전자적 방법은 가장 널리 사용되는 方法으로 素子의 크기, 가격, 반응속도 등에서 앞서고 있다. 단지 기계 구조의 설계 및 운전자 들인 기계전공자 이외에 전기 전자 전문가를 必要로 한다는 것이 低投資性 自動化의 개념에서 볼 때 문제로 남아 있다.

대신 壓縮流體(油壓 및 空壓)를 利用한 自動化는 제어요소로써는 그의 크기나 속도, 가격에서 뒤지나 신빙성이나 견고성에서 앞서며 作動 要素로써는 전기보다 優秀한 點이 많다. 거대하

고 복잡한 自動化에서는 크기나 가격상 초기 투자가 많아 不利하나 작은 규모의 自動化에는 적격이며 특히 기계의 설계자나 운전자가 이해하기 쉬운 自動化라는 點에서 低投資性 自動化에 가장 적합한 수단이다^(2,3).

기타 物理的 特性을 利用한 方法이란 光線, 音波 등을 利用하는 것으로 自動化 전반에 사용되는 것이 아니라 감지장치나 특별 요소로써 사용된다. 아래의 표 1은 전기, 유압, 공압 요소들의 성향 비교표이다.

표 1

		전 기	유 압	공 압
예 니 지	저장성	곤란	제한 (Accumulator)	용이
	이송	용이	$V \approx 2 \sim 6 \text{ M/S}$	$V \approx 20 \sim 40 \text{ M/S}$
	비용	싸다	비싸다	비싸다
작 동 요 소	직선운동	곤란	용이	용이
	회전운동	용이	용이 (저속)	용이
	힘	적다 $p = 2 \sim 4 \text{ ber}$	매우 크다 $p = 100 \sim 500 \text{ bar}$	크다 $p = 5 \sim 6 \text{ bar}$
	속도	빠르다	느리다	보통
제 어 요 소	제어성	매우 좋다	제한	좋다
	속도	빠르다	—	보통
기 타 특 성	과부하시	불안정	안전	안전
	폭발성	위험	안전	안전

4. 油 · 空壓要素

표 1에서 볼 수 있는 특성과 기계설계자와 운전자가 이해하기 쉬운 自動化 要素라는 意味에서 油 · 空壓은 低投資性 自動化의 수단으로 매우 적합하다. 그러나 油壓과 空壓도 壓縮된 流體에 依한 動作이라는 點에서 유사하면서도 근본적인 차이가 있다. 힘이나 속도 등 그 크기에 있어 격심한 차이가 있는 것은 정량적인 차이이지만 더 근본적 차이는 油壓의 기본 매체인 기름과 空壓의 그것인 空氣 간의 特性 차이이다.

■ 解 說 *****

가장 중요한 것은 기름이 非壓縮性인데 비해 空氣가 壓縮性이라는 點이다. 壓縮性이기 때문에 空壓裝置에서 에너지 저장이 可能하나 바로 그 壓縮性 때문에 예민한 流量 조절이 불가능 하다. 油壓은 그의 非壓縮特性 때문에 세밀한 流量 조절이 가능하고 따라서 作動 실린더의 analog의 인 조절이 가능하다. 그러나 空壓에서는 부하가 일정치 않을 때 analog 조절이 불가능하므로 실린더의 運動 行程中 시작점과 종점의 두 點만을 使用케 되며 이렇게 해서 自意半 他意半으로 2 디지털 형식이 되는 것인데 이 點이 제어의 의미에서는 다시 큰 장점으로 나타난다.

油壓과 空壓이 다같이 流壓이면서도 장기의 같은 特性의 差異가 있고 따라서 이를 서로 보완키 위한 方法들이 개발되어 있다. 油壓이 空壓의 特性을 빌어 보완한 것으로 에너지를 저장하기 위한 蓄熟器(accumulator)가 있는 것과 같이 空壓裝置에 油壓 特性을 利用한 要素가 있다. 本 解説에서는 이런 要素들과 그들의 利用例를 소개한다.

5. 油·空壓 混合要素(Hydro-Pneumatics)

油·空壓 混合要素는 크게 3가지 形態가 있다.

- 1) 압력변환기 (pressure converter)
- 2) 압력증대기 (pressure intensifier)
- 3) 유·공압이송기구 (hydro-pneumatic feed unit)

5.1. 압력변환기(Pressure Converter)

그림 2는 압력변환기로서 입력측에 공기압력이 作用하면 출력측에 동일한 유체압력을 얻으며, 構造는 로드(rod)가 없는 피스톤이 存在하는 실린더 形態로 공기실(air chamber)과 기름실(oil chamber)로 분리되어 있다. 공기실측에 壓力을 가하면, 피스톤이 이송되어 움직인 부피만큼의 유체(oil)를 이송시키게 된다. 유체는 비압축 정유체이므로 이 結果로 일정한 피이드

(feed) 속도를 얻을 수 있으며 또한 낮은 피이드 속도를 효과적으로 제어할 수 있다. 이러한 시스템을 압력변환기 (pressure converter)라고 말하며, 실제로 이용되고 있는 方法을 그림 3에서 보여주고 있다.

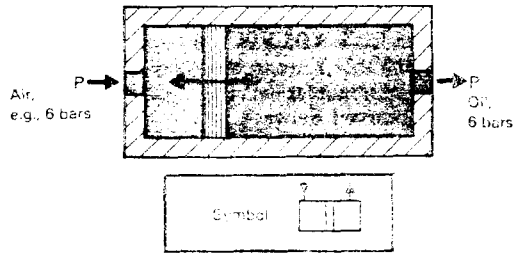
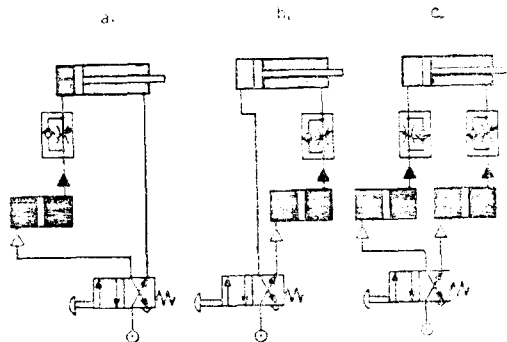


그림 2 압력변환기의 air-oil reservoir의 構造



- (a) 교축체크밸브에 의한 전진 운동제어
- (b) Output 유량조절로 공압에 의한 전진 운동제어
- (c) 교축체크밸브에 의한 전·후진 운동제어

그림 3 압력변환기를 이용한 제어方法例

5.2. 압력증대기(Pressure Intensifier)

공급되는 공기압력으로 더욱 높은 유체압력을 얻을 수 있는 장치로, 그림 4에서 보는 것과 같이 구조는 단면적과 용적이 다른 2개의 압축용기 (pressure chamber)로 되어 있고, 하나로 연결된 공압축 피스톤과 유압축 피스톤은 단면적이 서로 달라서 그 비례로 유체의 압력은 증가하게 된다. 보통 사용되는 압력비는 1 : 4, 1 : 8, 1 : 16, 1 : 32이다.

최대 사용 가능한 공기의 압력은 1000 Kpa (10 bar)이며 압력비에 따라 상당히 큰 압력을 얻을 수 있기 때문에 큰 힘이 요구되는 곳에서

도 작은 실린더를 사용할 수 있게 된다.

이러한 시스템을 압력증대기 (pressure intensifier)라고 말하며, 실제로 이용되는 예는 그림 5에서 보여주고 있다.

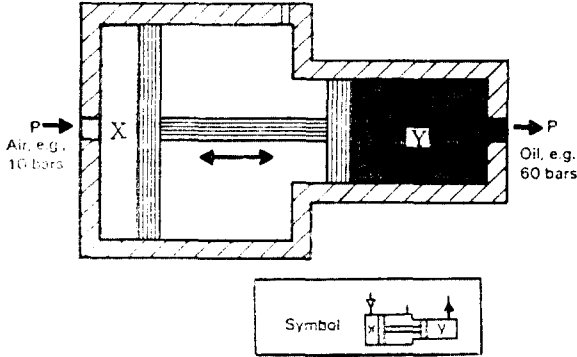
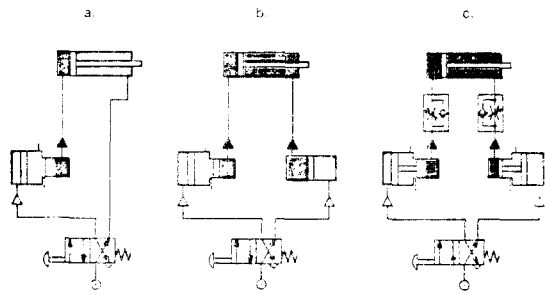


그림 4 압력증대기의 構造(압력비 1:6일 때)



(a) 전진 운동時 높은 압력이 요구될 때(후진 운동 공압 이용)

(b) 전진 운동時 높은 압력이 요구될 때(후진 운동 압력변환기 이용)

(c) 전·후진 운동時 모두 높은 압력이 요구될 때

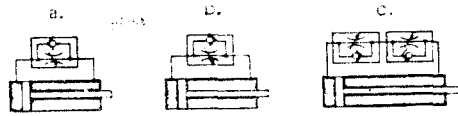
그림 5 압력증대기를 利用한 제어方法 例

압력변환기와 압력증대기는 한 유니트 내에 있는 기름의 양은 일정하기 때문에 크기가 다른 시스템에서는 使用될 수 없으므로 使用前에 반드시 기름의 양을 계산하여 알맞는 크기를 선택하여야 한다.

5.3. 유·공압 이송기구(Hydr-Pneumatic Feed Unit)

本 기구는 부하에 관계없이 일정한 작업속도가 요구되는 곳에 使用되며, 작업요소인 공압실

린더와 유압체크실린더, 그리고 공기제어장치로 구성되어 있다. 유압체크실린더는 자기 스스로 능동적인 운동을 할 수 없고, 외부로부터 공급되는 他力에 의하여 수동적으로 움직이게 된다. 운동속도의 제어는 폐회로를 흐르는 기름 양을 교축체크밸브로 조절함으로써 이루어지며, 그 방법은 그림 6에서 볼 수 있다.



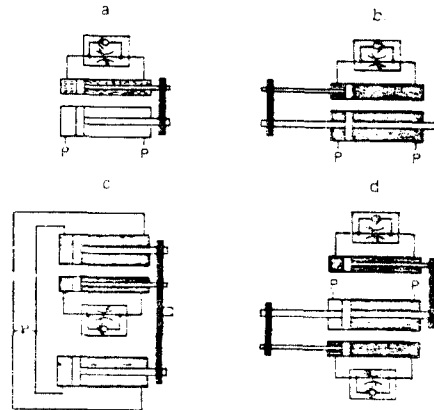
(a) 전진 운동제어

(b) 후진 운동제어

(c) 전·후진 운동제어

그림 6 유압체크실린더의 제어方法

압축공기가 공압실린더에 작용하면 유압실린더의 피스톤은 공압실린더의 피스톤과 함께 움직이게 된다. 유압피스톤은 외부에서 조절 가능한 교축체크밸브를 통하여 피스톤의 한 쪽에서 다른 쪽으로 기름이 이송되므로 이에 따라 이송 속도도 均一하게 조절할 수 있게 된다. 이때 부하의 최고치가 피스톤 능력보다 크지 않는 한 부하의 대소에 관계 없이 일정한 이송속도를 얻는다. 특히, 이 기구의 장점은 직선운동에 對한 속도제어능력이 월등히 좋으며 압력변환기를 使



(a) 전진 方向제어

(b) 후진 方向제어

(c) 전진 方向제어(공압실린더 2개 이용)

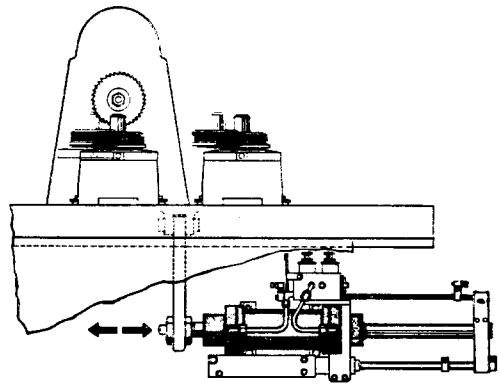
(d) 전·후진 方向제어

그림 7 유·공압 이송기구 설치方法

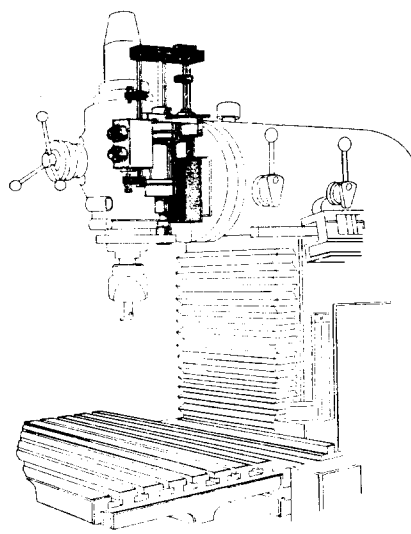
用하는 것보다 효과적이고 설치가 容易하다.
 本 기구에 對한 여러가지 設置方法을 그림 7
 에서 보여주고 있다.

6. 유·공압시스템의 應用例

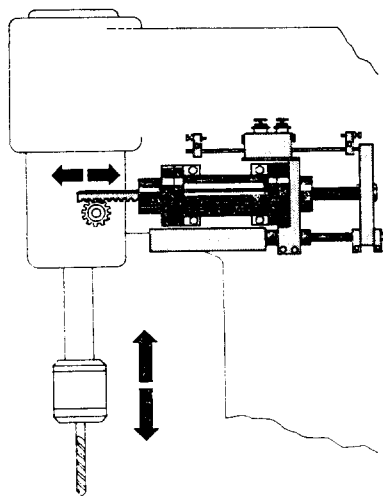
전 항에서 대표적인 유·공압시스템의 구조와 제어方法을 기술한 바와 같이 직선운동(linear motion)에 對한 속도제어능력은 압력변환기를 使用하는 것보다는 유·공압이송기구를 使用하는 것이 보다 효과적임을 알 수 있었다. 이같은 유·공압이송기구는 특히 일정한 이송속도가 必須的으로 요구되는 기계가공, 즉 드릴링作業, 선반作業, 밀링作業 등에 주로 利用되고 있다. 그 例들은 그림 8에서 보여주고 있다.



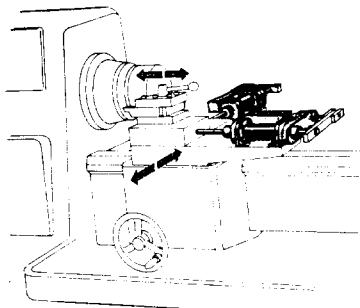
(c)



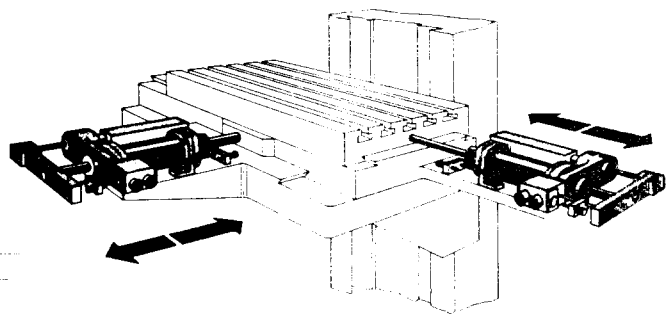
(d)



(a)



(b)



(e)

(a) 드릴링作業 (c,d) 밀링作業
 (b) 선반作業 (e) Sliding Unit
 그림 8 유·공압이송기구의 應用例

本 解説에서는 空壓의 경제적 장점과 기술적 特性을 살리고 그 단점을 油壓의 特性으로 보완한 유·공압이송기구를 利用하여 金屬 블록(metal block)의 드릴링 作業을 自動化한 實用例를 소개 하기로 한다.

6.1. 被加工物과 既在作業(工程)

被加工物은 金屬블록型態이며, 지금까지는 作業者가 被加工物 한 개씩을 治具 위에 固定시킨 후 드릴 工作機械의 핸드 레버(hand lever)를 作動시켜 드릴링 作業을 수행한 후, 加工이 완료된 工作物을 治具에서 풀어나고 다음 被加工物의 作業을 위하여 加工 칩과 오물 등을 쓸어내는 工程이었다. 이같은 作業工程은 매우 번잡하며 잘 훈련된 技能工이 作業을 行한다고 하여도 均一한 加工 精度를 기대할 수 없고 生産性도 低造 하였다.

6.2. 加工工程 및 제어회로설계

새로이 시도하는 工程에서는 被加工物을 一時에 充分히 넣어 주기만 하면 自動으로 切削 完了 되도록 하였다.

이 경우 工程은 被加工物의 이송, clamping, 드릴링, returning, 그리고 既加工物의 unclamping, ejecting, 칩의 blowing에 이르기까지 自動으로 行하게 한다. 이와 같은 要求條件을 充足시키기 위해서도 (1) 被加工物을 저장하는 메거진(magazine)을 두고, (2) 메거진으로부터 被加工物이 하나씩 밀어내어져 치구(fixture) 위에 올려진다(feeding), (3) 치구 위에서 올바른 위치에 견고하게 고정되며(clamping), (4) 회전하는 드릴축이 내려와서 穴(hole)을 加工하고(drilling), (5) 加工완료 후 드릴축은 원위치로 되돌아가며(returning), (6) 既加工된 工作物의 固定을 풀고(unclamping), (7) 既加工된 工作物을 治具에서 빼내고(ejecting), (8) 加工 칩과 오물 등을 청소한다(blowing).

이러한 動作이 精確한 순서로 精確한 거리를 연속적으로 이루어져야 한다. 이들 運動을 위해

서 2個의 空壓실린더와 1個의 유공압이송기구, 그리고 1個의 충격방출기(pneumatic impulse ejector)를 使用했다. 이들의 순서제어(sequence control) 설계를 위한 displacement-step-diagram은 그림 9와 같고, 이같은 動作순서를 充足시켜 주는 공압제어 회로는 그림 10에서 볼 수 있다. 피이드백 신호의 간섭현상을 막기 위해서 cascade design 방식에 依하여 設計하였다.

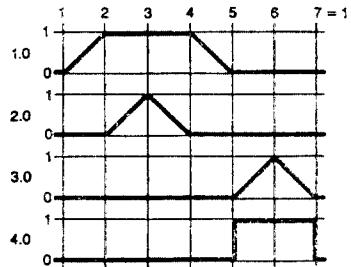


그림 9 Displacement-step-diagram

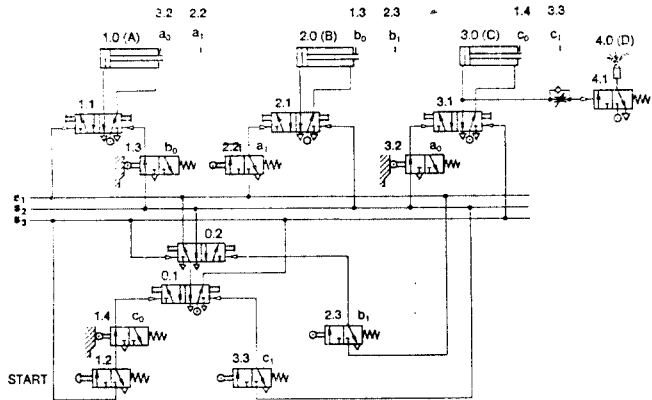


그림 10 공압회로

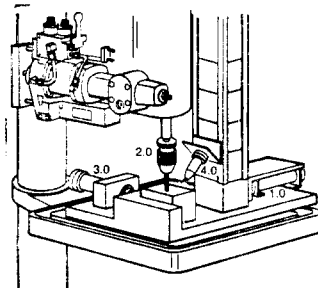


그림 11 드릴링 作業 機械構造

6.3. 機械構造와 作動方法

機械構造는 그림 11 과 같으며, 그 動作은 1) 실린더(1.0)은 被加工物을 매거진으로부터 밀어 내어 治具로 보내고, 또 계속하여 治具上에 被加工物을 clamping 을 한다. (2) 유·공압 이송 기구인 hydro-pneumatic feed unit(2.0)은 드릴 회전축을 上, 下로 오르내리게 하여 드릴링과 returning 을 담당하게 하고, (3) 실린더(3.0)은 加工이 완료된 工作物을 ejecting 하여 주는 역할을 한다. (4) 공기 노즐(4.0)은 加工 칩 및 오물 등을 blowing 하여 준다.

6.4. 性能比較

上記 드릴링 作業의 自動化 前後의 性能比較는 表 2에서 볼 수 있다.

表 2 自動化 前後의 性能比較

區 分	自 動 化 前	自 動 化 後
加工時間/個	35초	16초
生産量/時間	102개	225개
生 産 性	100%	220%
作 業 人 員	1人/臺	無人作業
不 良 率	약 5%	≈0%
作 業 方 法	숙련기술자의 반복작업	完全自動

參 考 文 獻

- (1) 金章鎬: 低投資性 自動化 대한기계학회지 제21권 제4호, 1981.
- (2) Kurt Stoll; Pneumatic Controls for Machines. Schweizerische Tech Zeitsch No 41/42, 1978.
- (3) W. Deppert; Pneumatisieren mit Serienelementen Tech Rundschau Nr 14u 201, 1979.

(279 페이지에서 계속)

in Chemistry Series 166, American Chemical Society, 1978

- 13. Twardus, E.M. and Brzustowski, T.A., "An Experimental Study of Flame Spread and Buring in Arrays of Monosize Hydrocarbon Droplets", Comb. Sci. and Tech., Vol. 17, 1978
- 14. Kim, H.Y., "The Group Combustion of Liquid Fuel in Laminar Spray Jet", Ph.D. Thesis, University of Illinois at Chicago, 1982
- 15. Chigier, N.A., "The Atomization and Burning of Liquid Fuel Sprays", Prog. Energy Comb. Sci., Vol. 2, 1976
- 16. Hayashi, S. and Kumagi, S., "Flame

Propagation in Fuel Droplet-Vapor-Air Mixtures", 15th Symposium(International) on Combustion, The Combustion Institute, 1974

- 17. Onuma, Y. and Ogasawa, M., "Studies on the Structure of a Spray Combustion Flame", 15th Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, 1974
- 18. Onuma, Y., Ogasawa, M. and Inue, T., "Further Experiments on the Structure of a Spray Combustion Flame", 16th Symposium (International) On Combustion, The Combustion Institute, 1976