

산업용 로봇 시스템을 이용한 페들링 작업의 자동화

이 민 기

창원 대학교 제어계측과

Factory Automation for Fettleing Work using Industrial Robot System

Min Ki Lee

Changwon National Univ.
Dept. of Control and Instrumentation

요약

본 논문은 주조공정후 주물의 라이저 (Riser)나 버어 (Burr)등을 제거하는 페들링 (Fettleing) 작업의 자동화에 대해서 기술한다. 이 작업을 주물의 마무리 작업이라 하는 데 이 분야는 작업상의 특수성과 적용 로봇의 미개발로 아직 산업현장에서 실용화 되지 못한분야이다. 본 논문에서는 그라인딩 작업 환경과 이 분야에 적용되는 로봇의 필요조건에 대해서 기술하고 이 분야에 적합 하도록 제작된 MC 560 로봇을 소개한다.

주물제작의 마무리 작업은 로봇 이외에도 여러종류의 가공기계와 주변기기를 요구한다. 본 논문은 주물의 재질과 형상에 따른 가공기계 선택방법과 주변기기의 설계등을 기술하며 자동화 시스템의 구성요소, 작업공정, 작업효과 등에 관해서 논한다.

1. 서론

산업용 로봇이 개발된후 많은 생산 공정에 이용 되고있다. 요즘은 생산성 향상, 노동력의 안정적 확보, 작업환경 개선등의 측면에서도 로봇을 이용한 자동화 시스템에 대한 요구는 계속되고 있다. 그러나 지금까지 로봇의 적용분야는 용접, 조립, 도장이 주된분야로 일반적인 수직, 수평다관절에 의해서 행해져 왔다 [1]. 이러한 로봇에 관한 연구는 많이 행해졌으며 대량 생산이 되고있다. 그러나 이런 일반적인 로봇의 구조는 링크와 링크가 하나의 조인트로 연결되어 베이스에서 End-Effector 까지 개루프 (Open Loop) 타입으로 연결되어 있다. 이 구조는 캔틸레버 비임 (Cantilever Beam) 타입이므로 End-Effector에 작용하는 힘이나 링크 자체 무게에 의해서 로봇의 베이스 부분이 많은 굽힘 모멘트를 받게된다 [2]. 이에 따라 변형이 매우 크고 부하의 변동에 따른 진동이 발생된다. 이 구조보다 강성을 높이고 상위 링크에 부착되어 있는 예류에이터의 관성을 줄이기 위해서 폐루프 (Closed Loop) 타입의 링크구조가 제안되었으나 그라인딩 작업을 행할만큼 강성이 크지는 못하다 [3,4].

로봇의 변형을 보상하기 위해서 변형을 감안한 구조 해석 [5], 동특성 해석 [6] 등이 제안 되었으나 해석의 난이성과 과다한 계산량으로 실용화 단계에 이르지 못하고 있으며 이론적으로 해석한 것에 불과하다. 또 한편으로 제어기를 통한 압 변형을 해결하려 하지만 힘 센서의 가격이 고가이고 피이드 백 게인 값에 따른 시스템 안정성 때문에 실제 시스템 구현에는 어려움이 많다 [7].

그라인딩 작업시 로봇이 가공물체를 정확하게 원하는 위치에 놓는다 할지라도 가공기와 가공물체 사이의 가공 부하에 의해서 로봇의 압은 변형이 생기며 진동이 발생하므로 가공이 불가능하다. 이를 억제하기 위해서는 압의 관성 모우멘트를 크게하여 강성을 높여야한다. 이는 로봇의 몸체가 기형적으로 커지는 결과를 낳아 대형 압 제작, 대형 예류에이터 사용등 많은 문제를 야기시킨다. 그러므로 그라인딩 로봇의 필요조건은 무게와 가반중의 비가 크고 강성이 큰 것이다.

총리의 메카니즘으로는 소형이면서 강성이 큰 로봇 암 제작이 불가능 하므로 특수한 암 구조 즉, Stewart 메카니즘

[8]을 도입하여 그라인딩 전용 로봇을 제작한다. 현재 실용화 된 로봇은 MC 560 으로 이는 로봇 본체의 무게가 90 Kg 이지만 가반 중량은 최고 300 Kg 까지 가능하며 강성이 높아 가공시 진동이 없어 그라인딩 작업에 적합하다. 본 논문은 이 로봇의 구조, 구성요소, 작동원리 등 기계적인 요소와 로봇 컨트롤러, 써어보 컨트롤러, 써어보 증폭기 등 제어요소에 대해서 기술한다.

페들링 작업의 자동화 시스템은 주물의 재질, 형상, 작업 속도 등에 따라 가공기계와 주변기기의 설계가 달라진다. 일반적으로 가공기계는 그라인딩, 커핑, 밀링기계 등이 사용되며 주변기기로는 주물을 운반하는 컨베어, 회수분을 수거하는 회수분 수거장치등이 있다. 가공주물에 따른 가공기계 선택방법, 주변기기 설계방법, 설치 및 작업공정등은 알루미늄 주물을 작업대상으로 하여 기술한다.

2. 페들링 작업 환경

페들링 작업은 주물의 끝마무리 작업으로 주물형성후 주물주위에 생성되는 라이저 (Riser)를 커핑 머신을 이용하여 절단하고 버어(Burr)는 그라인딩 머신을 이용하여 연삭하는 작업이다. 가공시 분진이 많이 생성되어 작업자의 호흡기 장애의 요인이 되고 가공시 일어나는 소음과 진동으로 인해 관절염등을 유발 시키는 열악한 작업중 하나이다. 작업 특성 때문에 생산비중 인건비가 차지하는 부분이 크며 안정적인 노동력 확보에도 어려움을 겪고있다.

선진국에서는 이러한 열악한 작업환경에서 작업자를 보호하기 위해서 작업자의 근무시간 (하루 4 시간 이내)을 제한하거나 정부차원에서 페들링 작업 전용 자동화 시스템 개발에 많은 노력을 경주하고있다.

페들링 시스템의 요구조건은 마무리 작업이 균일하게 잘 되어야하며 다양한 재질과 형상을 처리할수있는 시스템이어야한다. 지금까지 사용된 시스템은 자동차 부품의 페들링 작업 전용기로서 다양한 형상과 재질에 대응할수 없으며 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있다.

소량 다품종 생산과 생산 라인의 빠른 교환 조건을 만족시키기 위해 페들링 전용 로봇사용은 높 가지하다. 이 로봇을 사용함으로써 사람보다 큰 가공부하를 줄수있으므로 가공시간이 줄어들고 가공시 사용되는 소모품 즉 그라인딩 벨트, 연삭숫돌 등의 수명이 길어진다. 또한 작업환경 개선으로 작업자의 확보가 용이하며 소음, 진동, 분진등에 의한 산재를 예방 할수있다. 또한 자동화된 시스템에 의해서 작업이 행해지므로 일정한 생산량 예측으로 재고관리및 작업공간을 줄일수있으며 작업자수도 줄어들어 단시간 내에 시스템 투자비용을 회수 할수있다.

3. 페들링 로봇의 조건

페들링 작업은 일반적인 로봇 응용 분야와 달리 특수한 사양의 로봇을 요구한다.

첫째, 가반중량이 커야한다. 페들링 로봇의 가반중량은 가공물의 무게와 가공물을 잡기 위한 그립퍼 중량 까지 포함한다. 그립퍼는 가공물을 운반할수있을 뿐아니라 가공 부하도 견딜수 있도록 견고하게 제작되어야 하며 가공물의

형상에 따른 Fixture와 가공물을 고정시키는 Clamping System으로 이루어져 있다. 가반중량이 작을경우 그림 1과 중량에 제한을 받으므로 제작에 제한을 받게된다.

둘째, 암 구조가 큰 강성을 가지고 있어야한다. 가반중량과 가공부하에 의해서 로봇트림의 변형이 일어나지 않고 진동을 막기 위해서는 암 구조가 큰 관성 모우먼트를 가지고 있어야한다. 이는 일반 로봇트의 취약점으로 링크가 직렬로 연결 되어 마지막 링크의 끝부분에 위치한 그림퍼를 지지해준다. 이러한 캔틸레버 구조는 그림퍼의 하중이나 부하가 큰 굴림 모우먼트를 생성하며 결과적으로 큰 변형과 진동을 유발한다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 특수한 암 구조 즉 그림퍼를 하나의 링크로 지지하지 않고 여러개의 링크로 지지하며 링크와 링크연결도 직연보다 병렬식 연결을 고려한 Stewart Mechanism [8]이 제안되고있다.

셋째, 경로제어가 정확하게 되어야한다. 그라인딩 작업시 가공물의 주위에 있는 버어의 크기를 예측할수없다. 연삭부하와 이송 속도는 버어의 크기에 따라 달라지며 이는 로봇트의 운동을 주어진 경로에서 벗어 나가게하여 연삭과자하는형상대로 가공하지 못하는 결과를 낳는다. 일반적인 조립용 로봇트는 경로 제어 기능은 있지만 작업공정에서는 시작과 마지막 위치 정밀도만 중요시 하고 중간 경로는 무시하는 경우가 대부분이나 그라인딩 작업은 가공형상에 따라 로봇트가 경로 제어를 해야하므로 속도와 부하의 변화에도 불구하고 주어진 경로를 따라가는 Dynamic Repeatability가 좋아야한다. 실험 결과 그라인딩 로봇트는 일반적인 로봇트와 비교해서 Dynamic Repeatability가 100 배정도 큰것으로 나타난다.

넷째, 부하제어가 가능해야한다. 페들링 로봇트의 제어기는 위치와 힘을 동시에 제어해야한다. 지금까지 사용된 방법은 하이브리드 (Hybrid) 제어방식인데 이는 위치와 힘의 제어 방향이 서로 직각 이라는 성질을 이용하여 위치가 제약을 받는 방향으로 힘제어를 힘의 제약을 받는 방향으로 위치제어를 독립적으로 실시하여 그라인딩 작업을 행했다 [9]. 그러나 힘을 측정 하는 센서의 가격이 비싸고 피이드백 계인 에 따른 제어기 안정성에 문제를 야기 시키므로 실험된 단계에 이르지 못하고있다. 실용화 단계에서는 전류 변환기를 가공기에 부착시켜 가공기에 제공되는 전류량을 측정하여 가공기에 부가되는 부하량을 산출한다. 이 부하제어기는 큰 버어를 연삭하고 큰 라이저를 절단할경우 가공기에 부가되는 과부하를 센싱하여 로봇트에 알려주면 로봇트는 이송속도를 줄여서 가공기에 일정한 부하가 부가되게 함으로써 가공기를 보호하고 작업 속도를 빠르게 하는 역할을한다. 다섯째, 공구마모를 측정하고 보상할수 있어야한다. 공구의 수명은 작업조건에 따라서 많은 차이를 가지고 있으며 공구의 수명과 작업속도 사이의 최적조건을 찾아 내는것은 많은 실험에 의해서 얻어질수있는 결과이다. 페들링 작업에서 공구마모를 측정해서 마모량 만큼 로봇트의 경로를 변경하지 않으면 원하는 형상대로 가공작업을 할수없다. 연삭수들인 경우 Light Beam등을 이용하여 연삭수들의 두께나 지름을 측정하고 마모량 만큼 자동적으로 경로를 변경 시켜주는 기능을 보유하고 있어야하다.

4. MC 560 로봇트 구조

위의 조건을 만족시키는 로봇트는 MC 560으로 특수한 암 구조와 제어기능으로 페들링 전용 로봇트로 사용되고 있다. 이 로봇트의 특징은 암 구조가 Stewart 매카니즘으로 되어있어 각축에 힘이 고르게 전달되어 안정성이 뛰어나고 가반중량이 큰 것이다. 가반중량 대 몸체무게의 비가 일반 로봇트보다 10배 이상크다. 또한 관성 모우먼트가 크므로 암의 변형이 적고 부하 변동에 따른 진동이 적다. 이 로봇트의 적용분야는 커팅, 그라인딩 외에도 소형으로 무거운 물건을 핸들링 하는데 적합하다.

MC 560은 로봇트 설치대인 워크 셀 (Workcell)의 천정에 3개의 리니어 액츄에이터 (Linear Actuator)에 의해서 매달려 설치된다 (그림 1). 이 3개의 액츄에이터의 양쪽 끝단에는 유니버설 조인트가 있어 한쪽은 천정에 다른 한쪽은 중앙축의 헤드에 각각 연결 되어있다. 액츄에이터의 구동은 서어보 모터가 볼 스크루를 통해서 액츄에이터의 실린더를 밀고 당겨 줌으로써 실린더의 길이를 조절하여 이루어진다. (그림 2). 길이 변화는 중앙축의 끈단에 위치한 End-Effector의 위치를 조절한다.

중앙축은 로봇트의 몸체 중앙에 위치하며 축내부에 있는 실린더는 리니어 액츄에이터의 길이 변화에 따라 자유롭게 길어지고 짧아지며 유니버설 조인트에 의해서 공간상에 자유로운 오리엔 테이션을 가지게 된다. 그러므로 3개의 액츄

에이터 (Axes 1,2,3)는 로봇트의 End-Effector을 공간상의 임의의 위치 X,Y,Z 에 위치 시킬수 있다.

나머지 2개의 리니어 액츄에이터 (Axes 4,5)는 중앙축의 실린더에 설치되어 있으며 유니버설 조인트에 의해서 End-Effector에 연결 되어 액츄에이터의 길이가 길고 짧아짐에 따라 End-Effector의 오리엔 테이션 즉, Pitch 와 Yaw 운동을 제공한다. 마지막 여섯번째 액츄에이터 (Axis 6)는 End-Effector의 끈단에서 회전하여 Roll 운동을 제공한다. 이러한 암 구조는 가반중량이 각축에 고르게 전달되어 소형이면서 큰 가반중량을 가질수 있다. 또한 그림퍼를 3축이 지지 하고 있어 강성이 크다. 그러나 일반 로봇트와 달리 조인트 운동이 암에 직접 전달 되지않고 각 리니어 액츄에이터 운동의 상호작용으로 로봇트 운동이 행해 지므로 운동 해석이 어렵고 작업공간이 작다는 단점이 있다. 작업공간은 X-Y 테이블에 로봇트를 설치시켜 테이블 운동이 로봇트의 작업공간을 넓히고 운동해석은 반복제안에 의해서 해석하는 방법에서 직접해법을 구하는 방법으로 개선 되고있다.

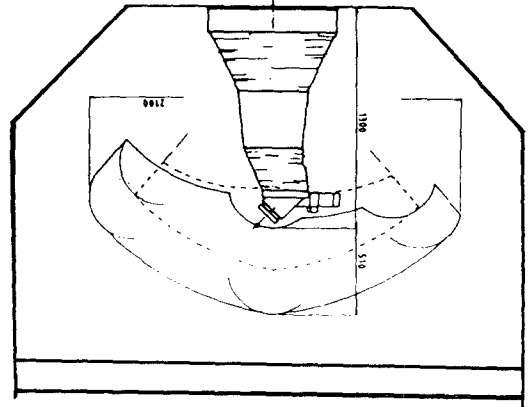


그림 1. MC 560 로봇트의 설치

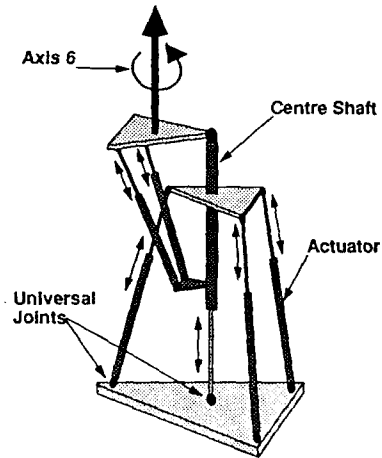


그림 2. MC 560 로봇트 암 구조

4. 리니어 액츄에이터와 중앙축

MC 560 로봇트의 구조에는 5개의 리니어 액츄에이터가 있으며 이들의 사양은 동일하여 제작 및 유지보수가 용이하다. 리니어 액츄에이터는 직선운동을 하는 구동원으로 DC 서어보 모터와 볼 스크루로 구성되어있다. 모터의 회전 운동은 풀리와 벨트에 의해서 볼 스크루에 전달되며 볼 스크루는 회전 운동의 방향에 따라 액츄에이터의 실린더를 밀어내고 끌어당기는 직선 운동을 수행한다 [그림 3].

모터는 최대 속도가 4000 rpm, 최대 토크는 10 Nm로 브레이크 부착형이다. 직선운동의 정밀도는 0.01mm로 이는 일반적인 로봇트 구조와 같이 위치오차가 링크를 따라 누적되지 않으므로 로봇트의 End-Effector의 누적 오차는 0.06mm에 불과하다.

중앙축은 스플라인 샤프트로 로봇트 몸체의 중앙에 위치하고 있어 첫번째 3축 (Axes 1,2,3) 의 직선운동에 의해서 샤프트의 길이가 길어지고 짧아지면서 End-Effector의 위치를 조절한다. End-Effector는 위치뿐만 아니라 오리엔테이션이 요구되므로 중앙축에 2개의 리니어 액츄에이터 (Axes 4,5)가 설치되어 있어 오리엔테이션중 Pitch와 Yaw를 수행한다. 마지막 축 (Axis 6)은 Roll 운동을 수행하며 이는 서어보 모터와 베벨기어에 의해서 그림퍼를 회전 시켜주는 운동이다.

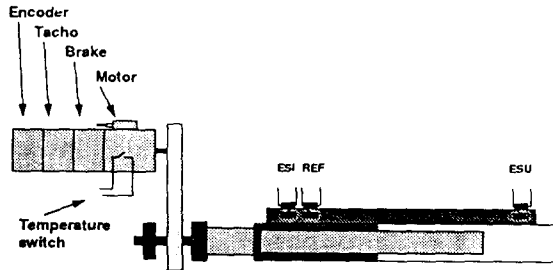


그림 3. 리니어 액츄에이터

4.2 베이스와 보호카바

베이스는 로봇트의 몸체를 고정하는 철판으로 이곳에 3개의 리니어 액츄에이터와 중앙축이 유니버설 조인트에 의해서 설치되어있다. 이 베이스는 철 구조물인 워크셀의 천정에 고정 되므로써 로봇트 몸체를 매달게된다.

패들링 작업시 분진이 많이 발생 하는데 이는 작업자 뿐만 아니라 로봇트 본체에도 열악한 작업 환경을 조성한다. 그러므로 로봇트 보호 카바를 사용하여 로봇트의 액츄에이터와 배선등을 본진으로부터 보호한다 [그림 4]. 작은 팬이 로봇트의 베이스에 설치되어 있어 필터를 통해 깨끗한 공기를 카바 안으로 공급시킨다. 카바 안의 압력이 외부압력보다 높으므로 외부로부터 분진등이 카바 안으로 들어오는 것을 막아 로봇트를 보호한다.

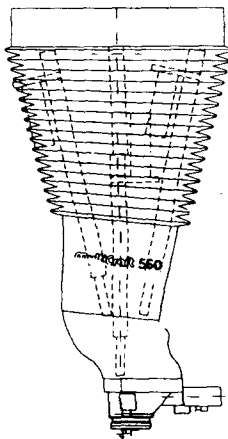


그림 4. 로봇트 보호 카바

5. MC 560 제어부

패들링 로봇트 제어부 설계시 가장 고려 해야할 사항은 계산량이다. 일반 로봇트와 달리 링크가 하나의 조인트로 연결되어 있지않고 여러개의 링크가 그림퍼를 지지하고 있어 로봇트의 위치와 오리엔테이션을 해석하는 Forward Kinematics가 복잡하며 특히 Inverse Kinematics 해석은 반복 계산에 의해서 해답을 찾는 Iterative Method 을 사용하므로 많은 계산량을 요구한다. 계산시간을 줄일 수있도록 로봇트언어는 기계어로 만들어져 있으며 모든 명령은 숫자로 되어있다.

제어부의 기능은 일반 로봇트와 동일하며 부하제어와 공구 마모보상 기능이 첨가되어있다. 제어부의 구성은 주요 제어부에 해당하는 PEP 컴퓨터와 모터에 파워를제공하는 SERVO 증폭기, 작업자와 통신을 위한 PC 등으로 되어있다 (그림 5).

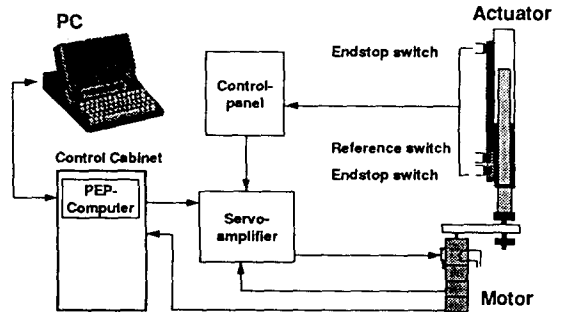


그림 5. 제어부의 구성요소

5.1 PEP 컴퓨터

PEP 컴퓨터의 주요구성 요소는 로봇트 콘트롤러(MPM 68KA-2), 서어보 콘트롤러 (MPM 68008), D/A 변환기(DAI 1-A), 카운터카드,입출력카드 (PIO-4) 등으로 되어있다 (그림 6).

로봇트 콘트롤러의 역할은 PC을 통한 작업자와 통신, 입출력 제어, 각종 센서들의 정보 입수, 엔코더의 위치정보에 따른 좌표변환, 원하는 위치에 도달하기위한 각 리니어 액츄에이터의 위치정보 제공 등이다. 하드웨어 구조는 68000 마이크로 컴퓨터와 VMEM-D 다이내믹 램으로 구성되어 있다. 프로그램은 계산시간을 빠르게하기위해서 ZICE 어셈블러 언어를 사용하고있다.

앞에서도 언급했듯이 리니어 액츄에이터의 위치정보를 계산하는데는 많은 계산량이 필요하다. 즉, 리니어 액츄에이터의 길이때마튼 로봇트 그림퍼의 포지션과 오리엔테이션은 중앙축의 좌표변환과 이축과 연결 되어있는 링크의 구조 해석에 의해서 구하게된다. 액츄에이터의 길이는 각 모터에 부착되어 있는 엔코더 핀스를 카운터 카드가 읽어 모터의 회전 각도를 계산하고 이 각도를 볼스크루의 리이드 (5mm/REV)로 나누어 리니어 액츄에이터의 길이를 계산하게된다. 또한 로봇트 그림퍼의 포지션과 오리엔테이션을 만족시키는 각 리니어 액츄에이터의 길이 계산은 Inverse Kinematics 해석에 의해서 구해지는데 이해서는 일반 로봇트와 달리 직접구해주는 식을 찾을수없어 반복계산을 하여 실제값에 접근하는 Iterative 방식을 채택하여 많은 계산을 요한다.

구해진 리니어 액츄에이터의 길이를 구동원인 모터의 회전 각도로 환산하여 서어보 콘트롤러에 25 HZ 속도로 위치정보를 제공한다.

5.2 서어보 콘트롤러

서어보 콘트롤러는 위치 제어기로 하드웨어는 68008 마이크로 프로세서와 BMU-2 메모리 시스템으로 되어있다. 로봇트 콘트롤러에서 위치정보를 받아 실제위치와 비교하여 위치오차를 찾고 PID 제어를 이용하여 디지털값인 속도지령을 찾아 D/A 변환기에 보낸다. D/A 변환기는 이값을 아날로그값

으로 변환시켜 서어보 증폭기에보낸다. 서어보 무브의 속도는 200 HZ 이고 프로그램은 토보트 콘트롤러와 같이 ZICE 어셈블러로 BMU-2 메모리 시스템에 기록되어있다 [그림 7].

서어보 콘트롤러의 최대 제어는 8축까지 가능하다. 여분의 2축은 토보트틀 X-Y 테이블에 정착시켜 작업반경을 넓히는데 사용하게되는데 이는 주로 프로펠러 그라인딩 작업에 사용된다.

5.3 서어보 증폭기

서어보 증폭기는 속도제어기로 D/A 변환기에서 받은 속도지령(+ 10V TO -10V)을 타코 제너레이터의 속도와 비교하여 속도제어를 하게된다. 속도 오차에 따라서 모오타 에 공급할 전압을 계산하며 이전압은 PWM (Pulse Width Modulation)에 의해서 공급된다. 증폭기는 한축당 하나씩 제어하며 무우프의 속도는 5000 HZ이고 모우터의 과부하 보호를 위한 전류제한 기능이있다.

5.4 PC

토보트 콘트롤러는 시리얼 포트인 RS 232-C 을 통해 PC와 통신한다. 여기서 PC는 일반 토보트의 티칭 박스 역할을 한다. 작업자가 프로그램을 만들고 토보트작동에 필요한 50 여개의 지령을 주고받고 스크린을 통해서 토보트의 상태를 알려준다. 그의 에도 프로그램 및 각종자료들을 정리하며 가공 데이터를 주고 받기위해서 프리 프로세서 을 통한 CAD 시스템과도 인터페이스가 가능하다. 시스템에서 사용되는 컴퓨터는 IBM PC와 호환성이 있는기종으로 하이드 디스크가 내장되어 있어 308 개까지 프로그램이 가능하고 한프로그램당 2,500 라인, 8,000 포인트 까지 위치 지령이 가능하다.

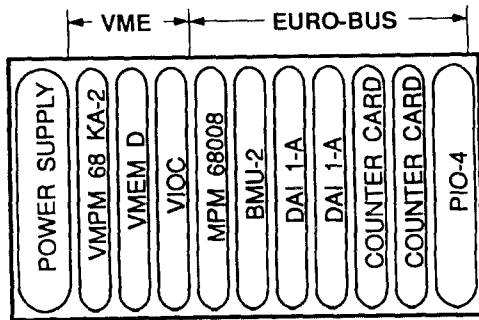


그림 6. PEP 컴퓨터의 구조

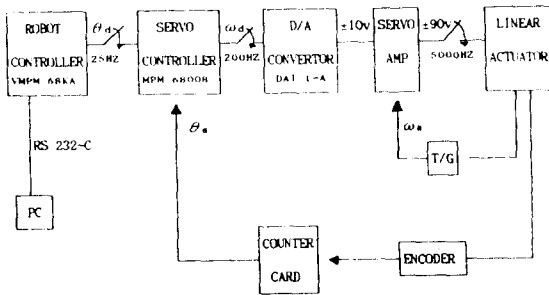


그림 7. MC 560의 Control Scheme

6. 가공기계

패물링 작업시 주로 많이 행해지는 작업으로는 그라인딩과 커팅으로 자동화 시스템에서 사용 되는 가공기계는 이면 작업을 할수있는 기계들이다. 이들 기계는 범용 기계와 달리 고속 고부하용 기계 이어야 한다. 범용 기계는 주로 작업자 손으로 가공작업 할때 사용하는데 이때는 작업자가 부

가 할수있는 부하가 한정 되어있고 버어의 크기에 따라 작업자가 가공량을 조절 할수 있으므로 용량이 큰기계가 요구되지 않는다. 그러나 토보트로 작업 할때는 토보트가 큰부하를 낼수있을뿐 아니라 버어의 크기도 예측할수 없어 큰부하에도 가공이 가능하고 작업시간도 줄일수있는 용량이 크고 속도가 빠른 가공기계들이 요구된다.

6.1 커팅 머신

주물의 패물링 작업에서 주물의 주위에 생성된 라이저를 절단하는 기계로 시스템의 효율성을 높이기 위해서는 15-30 Kw의 높은 파워를 가지고있는 것을 요구한다 [그림 8]. 일반적으로 주물의 재질이 알루미늄 이고 작업속도가 빠르지않은 경우는 커팅 Saw를 사용하고 재질이 주철이고 작업속도가 빠른경우는 커팅 Wheel을 사용한다. 커팅 Wheel은 커팅 Saw에 비해 속도와 파워가 3 배정도 높다.

커팅작업에서 절단된 라이저는 회수되어 다시주조 공정의 재료로 사용되는데 이 회수본의 처리는 커팅 머신 주위에 라이저 가이드를 설치하여 절단된후 콘베어로 이동시키고 콘베어는 이를 회수처리 장소로 이송시킨다.

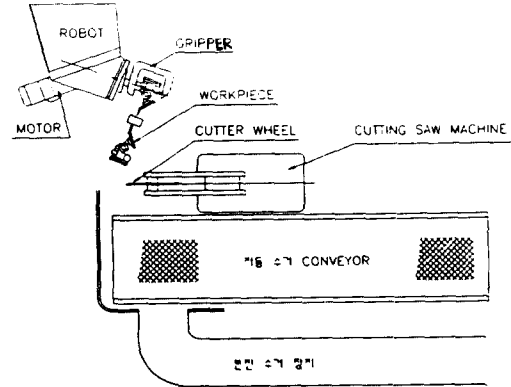


그림 8. 커팅머신과 회수본 수거장치

6.2 그라인딩 머신

그라인딩 작업은 주물주위의 작은 버어를 제거하는 것으로 주로 사용되는 기계는 벨트 그라인딩 머신과 스톤 그라인딩 머신이 있다. 벨트 그라인딩 에서는 공구마모를 고려하지 않아도되는 장점이 있는 반면에 마모 때문에 자주 갈아야 하는 불편한 점이있다. 벨트 교환 시간은 가공 시간 산청에 중요한 요소이므로 벨트를 단시간 내에 교환할수 있는 스프링 래치 방식등이 고안되어야한다. 벨트 그라인딩은 가공량이 작고 가공형상이 곡면인경우 효과적이거나 가공부위 접근이 많은 제약을 받는다.

스톤 그라인딩 작업은 가공량이 적고 재질이 주철인 경우 많이 사용하며 벨트 그라인딩과 달리 가공 부위 접근성이 좋고 공구를 자주 갈아줄 필요는 없으나 연삭속도 마모를 측정하여 보상 해주어야 하는 단점이 있다. 효율적인 가공작업을 위해서는 적절한 연삭속도의 재질과 강도를 선택해야 하며 가공물과 연삭속도의 접촉면적도 작업공정에 중요한 요소가된다.

그라인딩 작업시 본진이 많이 생성되는데 이는 작업자 뿐만 아니라 시스템 기계에도 나쁜 영향을 주므로 진공 수집 장치에 의해서 흡입하여 워크셀 밖으로 내보낸다.

6.3 밀링 머신

밀링 작업은 주물의 내부에 있는 작은 버어를 제거하는 작업으로 다른 가공기계로는 접근이 불가능한경우 사용한다. 밀링 작업은 공구의 접근성과 버어의 크기를 고려 해야하며 공구에 과부하가 걸리는경우 자손되므로 공구에 미치는 부하를 센싱해서 과부하가 걸리지 않도록 토보트 이송속도를 적절하게 제어해야한다. 고속절삭을 요하는 작업이나 구조가 간단한 밀러를 요하는 경우에는 공기압 구동인 고속 밀링기계를 사용하는 경우도 있으나 부하에따라 속도변화가 크므로 전통 밀링기계를 많이 사용한다.

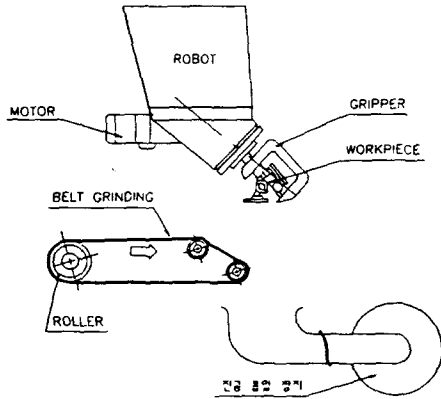


그림 9. 벨트 그라인딩 머신과 본진 수집장치

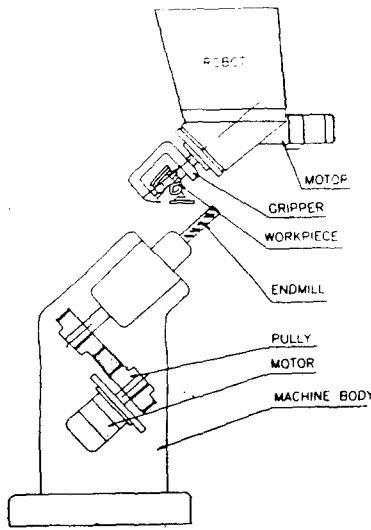


그림 10. 밀링 머신

7. 페블링 자동화 시스템

7.1 시스템의 개요

주조공정후 주물주위에 생성되는 라이저 나 버어 등을 자동제거하는 시스템으로 페블링 전용 로봇이 후처리할 주물을 로딩, 커팅, 밀링, 그라인딩, 언 로딩 공정을 거치면서 주물의 형상과 버어의 종류에 따라 적절한 가공 작업을 실행한다.

이상의 작업은 소음 방지 장치, 분진 자동수거 장치, 회수분 자동수거 장치가 설치되어있는 워크 셀 안에서 작업함으로써 열악한 작업 환경을 개선시키고 생산성향상, 품질향상, 산업재해를 예방한다.

7.2 구성요소

시스템의 구성요소는 주물의 재질, 형상, 작업속도, 가공오차 등에 의해서 결정 된다. 가공 오차는 일반적인 그라인딩 작업에 비해 크므로 정밀한 가공기계를 요구하지 않으나 가공부위 접근시 주물의 간섭으로 가공에 제약이 많이 받는다. 그러므로 접근성이 좋은 가공기계를 형상에 따라 선택해야되는 어려움이 있다.

일반적으로 자동차 부품의 주물 마무리 작업시 페블링 자동화 시스템이 많이 사용되는데 주물 재질이 알루미늄인 경우 다음과 같은 요소들로 구성된다.

- 1) Multicraft-560 로봇트
- 2) 모든 기계들이 설치되어있고 가공 작업이 이루어지는 워크 셀
- 3) 로봇트 컨트롤러 와 서어보 증폭기등을 포함하고 있는 컨트롤러 캐비넷
- 4) IBM PC
- 5) 작업자 교시판
- 6) 주물 형상에 따라 제작된 그립퍼
- 7) 주물을 워크 셀에 입고, 출고 시키는 컨베어
- 8) 주물 주위의 버어를 제거하는 벨트 그라인딩 머신
- 9) 주물 내부의 버어를 제거하는 고속 밀링 머신
- 10) 라이저를 제거하는 커팅 머신
- 11) 회수분을 수거하는 자동 회수분 수거장치
- 12) 가공시 생성되는 분진이나 칩등을 흡입 수거하는 진공 흡입장치

7.3 작업 공정

작업 순서는 일반적으로 아래와 같은 순서에 의해서 이루어진다 [그림 11].

공정순서	작업내용
1	Pick up Fixture에 Workpiece를 작업자가 수동으로 공급
2	컨베어가 Workpiece를 Infeeding Station에 이송
3	로봇트 그립퍼가 Infeeding Station 에서 Workpiece를 잡아 Cutting 커팅 머신에 이동시켜 커팅 작업 실시
4	회수분은 수거장치를 통해 Conveyor로 이송
5	Workpiece를 고속 밀링기계에 이동시켜 밀링 작업 실시
6	작업시 생성되는 칩들은 진공 수거장치를 통해 자동수거
7	Workpiece를 벨트 그라인딩 머신에 이동시켜 그라인딩 작업 실시
8	작업시 생성되는 분진은 진공 수거장치를 통해 자동 수집
9	작업 완료된 주물을 Outfeeding Station에 이송
10	컨베어가 주물을 워크 셀 밖으로 이송

8. 결론

본 논문은 페블링 작업 자동화 시스템 개발에 대해서 기술했다. 페블링 작업은 커팅, 그라인딩, 밀링 가공을 하는것으로써 주물 공정시 마무리 작업으로 행해진다. 작업의 특수성 때문에 작업환경이 열악하고 산업재해가 많아 자동화 시

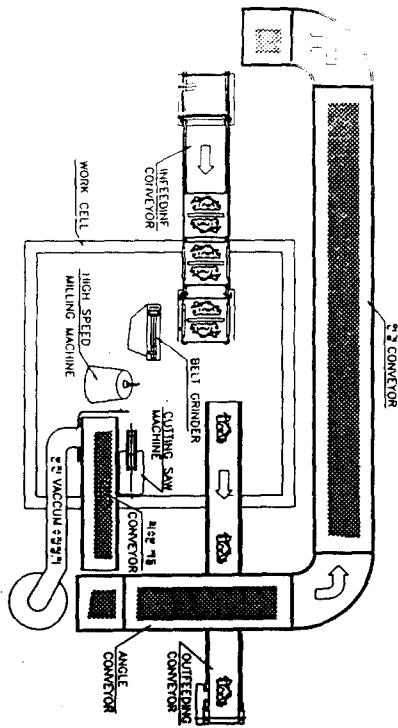


그림 11. 시스템 구성도

시스템의 요구가 철저히 요구되는 분야이지만 가공 작업시 진동과 변형이 발생 하지 않는 로봇의 미 개발로 아직 시스템 구현이 어려운 상황이다.

본 논문은 Stewart 메커니즘을 이용한 암 구조로 여러축이 그림퍼를 지지 하므로써 가반 중량이 크고 강성이 높은 MC 560 로봇트에 대해서 기술했다. 또한 페틀링 시스템의 주변기와 가공기계 등에 대해서도 소개 하고 자동차 부품 페틀링 작업을 대상으로 주요 구성기와 작업공정에 대해서 논했다.

참고문헌

[1] Vincent, D.A., "Robot Market Trends, The Robotics Industry on the Right Tracks", CRS PLUS Int. Application Conf., Burlington, Ontario Canada, 1992.

[2] Hollerback, J.M., "A Recursive Lagrangian Formulation of Manipulator Dynamics and a Comparative Study of Dynamics Formulation Complexity", IEEE Trans. Sys., Man, and Cyber., Vol. 10, No. 11, PP. 730-736, Nov. 1980.

[3] Asada, H. and Toumi, K.Y., "Analysis and Design of a Direct-Drive Arm with a Five Bar Link Parallel Drive Mechanism", ASME J. of Dyn. Sys., Meas., and Contr., Vol. 106, PP. 225-230, Sept. 1984.

[4] Williams, R.J. and Seireg, A., "Interactive Modeling and Analysis of Open or Closed Loop Dynamic Systems with Redundant Actuators", ASME J. of Mechanical Design, Vol. 101, No.3, PP. 407-416, July 1979.

[5] Chang, L.W. and Hamilton, J.F., "The Kinematics of Robotic Manipulators with Flexible Links using an Equivalent Rigid Link System Model", ASME J. of Dyn. Sys., Meas., and Contr., Vol. 113, PP. 48-53, March 1991.

[6] Asada, H. and Ma, Z.D., "Inverse Dynamics of Flexible Robot Arms: Modeling and Computation for Trajectory Control", ASME J. of Dyn. Sys., Meas., and Contr., Vol. 112, PP. 177-185, June 1990.

[7] Kazerooni, H. and Waibel, B.J., "On the Stability of Robot Compliant Motion Control: Theory and Experiments", ASME J. of Dyn. Sys., Meas., and Contr., Vol. 112, PP. 417-426, Sept. 1990.

[8] Ficher, E.F., "A Stewart Platform-Based Manipulator: General Theory and Practical Construction", Int. J. of Robotics Research, Vol. 5, PP. 157-182, 1986.

[9] Whitney D.E. and Edsall, A.C., "Development and Control of an Automated Robotic Weld Bead Grinding System", ASME J. of Dyn. Sys., Meas., and Contr., Vol. 112, PP. 166-176, June 1990.