

족스러운 제어성능을 얻지 못하는 결점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 간단하면서도 파라미터 변화와 외란에 대해 강인하고, 비선형 시스템에 적용이 용이한 퍼지 제어 기법을 이용하여, 저속 장행정 디젤 주기관의 심한 파라미터 변화와 외란 등에 대해서도 전체 운전 회전수 영역에서 강인한 퍼지-PID(Fuzzy-PID) 제어기 설계 기법을 제안하였다.

우선 주어진 시스템에 대해 전체 운전 회전수 영역을 다수 개의 구간으로 퍼지 분할하여 각 구간별 서브-PID(sub-PID) 제어기를 설계하고, 이를 퍼지 소속함수를 이용하여 가중평균 법으로 결합하였다. 그리고 제안한 제어기의 제어성능을 확인하기 위해 PID 제어기와 퍼지-PID 제어기를 선박용 저속 장행정 디젤 주기관에 적용하여 계단상 기준입력 변화, 파라미터 변화, 외란에 대해 시뮬레이션을 실시하고, PID 제어기와 퍼지-PID 제어기를 비교, 검토 하였다.

제안된 제어기법을 적용하여 시뮬레이션을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, PID 제어기는 초기의 정확한 제어기 파라미터 선정에도 불구하고, 시스템 파라미터의 변화에 대해 강인성을 갖지 못함을 확인하였다.

둘째, 각 운전 구간 내에서 설계된 서브-PID 제어기는 설계된 회전수 영역 내에서 퍼지-PID 제어기보다 우수한 추종성능을 보이고 있으나, 설계 회전수 영역 이외에서는 퍼지-PID 제어기보다 좋지 못한 추종 성능을 나타내고 있다. 또한 저속에서 심한 회전수의 헌팅이 발생함을 확인할 수 있었다.

셋째, 다수 개의 서브-PID 제어기를 하나로 결합한 퍼지-PID 제어기가 전반적으로 전체 회전수 범위 내에서 오버슈트가 작고, 정상편차 없이 목표치에 잘 추종하며 파라미터 변화에 대해서도 매우 강인함을 확인하였다.

넷째, 퍼지-PID 제어기는 전체 회전수 영역에서 외란이 가해질 경우에도 추종성능이 양호함을 확인하였다.

## 5. 하이드로포밍 전용 강관의 틀 성형에 관한 연구

기계공학과 이 봉 열  
지도교수 조 종 래

강관에 대한 최근의 수요동향은 전통적인 구조용 강관 외에 부가가치가 높은 스테인리스 관(stainless pipe) 및 고품질 강관의 수요가 증가하는 추세로 이는 최근 자동차 부품에 하이드로포밍(hydroforming, H/F) 소재를 적용하는 추세와도 밀접한 관계가 있다. 하이드로포밍

기술은 세계적인 차체 경량화 추세에 따라 차체 설계 및 생산기술 측면에서 개발된 여러 가지 신기술의 하나로, 특히 세계 철강회사를 중심으로 한 초경량 차체 개발(Ultra Light Steel Auto-Motive Body) 프로젝트에서 최신의 성형 기술로 소개된 후 하이드로포밍은 여러 분야에 적용되고 있다. 자동차 메이커들은 자동차의 부품회사에 부품의 경량화, 고강성, 높은 치수정밀도, 우수한 피로특성, 우수한 충돌특성과 함께 부품의 원가 절감, 생산공정수의 감소 등을 요구하고 있는데, 하이드로포밍 공정은 소재의 절감과 우수한 기계적 성질 확보, 공정수 감소 등에 적합한 공정으로 알려져 있다.

강관 하이드로포밍 기술은 기존의 성형과는 완전히 다른 개념의 성형법으로 원형 강관의 내부에 액체를 이용한 압력을 가하여 삼차원 응력상태의 결과로 외부 금형 형상에 따라 원하는 모양으로 성형하는 방식으로 성형품의 무게에 비교하여 높은 구조강성을 가지며, 기존의 방법으로는 불가능하였던 복잡한 형상의 부품을 하나의 금형으로 생산이 가능하게 되었으며, 소재의 회수율이 높다는 장점이 있다. 특히 동일한 금형을 사용하여 튜브의 다양한 두께와 소재에 적용할 수 있어 대상제품의 무게 및 강도특성을 최적화 할 수 있고, 이러한 특징들 때문에 자동차부품 산업에 있어 공정수의 단축과 차체의 경량화가 가능하며 저연비에 저렴한 가격, 좋은 성능을 가진 자동차를 개발하려는 기술개발자들에게 이상적인 생산 기술로 부각되고 있다. 하지만 하이드로포밍 기술은 기존의 성형 방법과는 달리 강관의 기계적 물성 평가 방법, 소재와 금형간 마찰 특성, 금형 소재 선택 및 설계 기술, 기본적인 소재의 변형 거동에 대한 종합 해석 등 기술적으로 고려해야할 인자가 많은 가공법이다.

강관의 진원도, 두께분포, 용접으로 인한 물성변화 등 롤 포밍 제품의 품질은 하이드로포밍 공정에도 영향을 미치게 된다. 즉 하이드로포밍이 부각될수록 롤 포밍 공정에 대한 정량적인 해석의 필요성도 동시에 부각된다. 정량화된 롤 포밍 공정 해석 데이터는 롤 포밍 이후의 굽힘 공정이나 하이드로포밍 공정의 입력자료로 활용될 수 있다. 현재 판재성형을 위한 전산해석의 발달로 하이드로포밍 공정 자체의 설계기술은 확보되었지만, 그 소재인 강관을 만드는 공정인 롤 포밍 공정과 연관된 연구는 많지 않으며, 정량화된 공정 설계기술은 확보되어 있지 않다.

이에 본 연구에서는 강관을 제작하는 롤 포밍 공정에서 연속적으로 일어나는 소재의 변형 거동을 수치해석적으로 분석하여 하이드로포밍의 소재로 사용될 적합한 강관을 제작하는 최적의 롤 플라워(roll flower)를 개발하고자 롤 성형 전문해석 프로그램인 SHAPE-RF를 이용하여 외경  $\phi 73.0\text{mm}$ ,  $\phi 89.1\text{mm}$ ,  $\phi 114.3\text{mm}$  세종류의 강관에 대한 기존의 롤 플라워와 새로운 롤 플라워에 대한 롤 포밍 공정에서의 재료의 가공경화 즉 변형률의 변화양상을 분석하였다.

실제 롤 포밍 공정에서 변형률은 롤 패스를 지남에 따라 변형률은 점차 증가하는데, 해석 결과도 같게 나타났다. 또한 마지막 패스에서의 변형률의 분포를 살펴보면 에지 부분의 변형률이 다른 부분에 비해서 높게 나타나는데 이는 실험의 결과와 비교하였을 때 잘 일치하였고, 기존의 롤 플라워인 서클라 밴딩 방식에서는 변형률이 에지 부분에 집중되기 때문에 다

음 공정인 하이드로포밍 공정에서 많은 문제점을 발생시켰다. 이를 방지하기 위해서 롤 플라워의 개선을 통하여, 즉 에지 밴딩과 서클라 밴딩을 조합하여 변형률 분포를 균일하게 하는 롤 플라워로 개선하여야 한다.

이를 바탕으로  $\varnothing 73.0$ -t2.6와  $\varnothing 89.1$ -t2.6 및  $\varnothing 114.3$ -t2.6의 강관에 대한 해석을 실시한 결과 기존의 롤 플라워는 에지 부분에 변형률이 집중되나, 새로운 롤 플라워에서는 변형률이 전체적으로 고르게 분포됨을 알 수 있었고, 두께의 분포에서도 새로운 롤 플라워가 균일하게 분포함을 알 수 있었다. 여기에서 한곳에 집중된 변형률을 롤 플라워의 개선을 통하여 변형률을 고르게 분포하게 함으로써 다음 공정인 하이드로포밍 공정에서 성형성을 좋게 할 수 있다.

## 6. 인공지능 기법을 이용한 임베디드 제어 시스템의 설계 및 구현에 관한 연구

전자통신공학과 이창규  
지도교수 이상배

본 논문에서 언급할 산업용 가공시스템에 인공지능을 도입하였다. 그리고 이 인공지능에 대한 실시간 처리를 위해 임베디드 제어 시스템을 설계하고 구현하였다.

인공지능의 한 기법인 퍼지(Fuzzy)는 인간의 추론 방법을 구현하기 때문에 인간의 지능을 표현하기가 쉽고 복잡한 환경에서도 우수한 성능을 가진다. 이미 산업현장에서 신뢰성을 검증받은 PID와 더불어 고급 제어기법으로 자리 잡았다. 따라서 본 논문은 이 두 개의 알고리즘을 적절히 조합해 Fuzzy-PID제어 시스템을 구현하였다.

산업용 가공시스템에 이러한 알고리즘을 처리하기 위해 임베디드 전용 MPU(Micro Processor Unit)인 386EX를 사용하였으며, DC 서보 모터 제어와 대상물의 AD 컨버전에 대해 80c196 서브(Sub) 컨트롤러를 사용하였다. 그리고 시스템의 감시와 제어에 대해서는 제어권을 386EX에 할당하였다. 산업용 가공시스템에 대한 구체적 메카니즘은 임베디드 제어 시스템을 중심으로 이루어진다. 본 논문에서도 이 부분에 중점을 두어 논하고 있으며 인공지능으로 프로그래밍된 코드가 실시간상에서 빠른 처리가 이루어질 수 있도록 임베디드 제어 시스템을 설계하고 구현하였다.

이렇게 구현된 임베디드 제어 시스템을 실제로 산업용 가공시스템에 적용시켜 오류에 대한 살코기와 등뼈를 분리해내는 동작을 수차례 시키고 여러 가지의 내·외부적인 외란과 인위적인 조작을 통한 에러(Error)도 함께 얻어내어 임베디드 제어 시스템에 대한 성능과 산업