

파이프 내면용접 조건 최적화를 위한 신경회로망 구성에 관한 연구 Development of Neural Network for Optimizing the Welding Conditions in In-pipe Welding

*김인주¹, #정재원², 손준식³, 강봉용⁴, 김일수

*I.J. Kim¹(k9inju@kitech.re.kr), #J.W. Chung²(jaewon@mokpo.ac.kr), J.S. Son³(jsson@promecs.com), B.Y.

Kang⁴(kanbo@kitech.re.kr), I.S. Kim³(ilsookim@mokpo.ac.kr)

¹한국생산기술연구원 전북지원센터, ²목포대학교대학원 기계공학과, ³(주)프로멕스 기술연구소, ⁴한국생산기술연구원 정밀용접-접합팀, ⁵목포대학교 기계·선박해양공학부

Key words : In-pipe welding, Neural network, Welding condition,

1. 서론

산업현장의 핵심기술인 용접기술은 열악한 작업환경이 유해하고 육체적인 부담이 크기 때문에 근로자들이 꺼려하는 대표적인 3D작업 중에 하나이다. 최근 숙련된 용접인력의 감소, 용접사의 고령화 및 인건비 증가 등의 이유로 용접자동화가 국가 경쟁력의 주요 현안으로 대두되고 있는 실정이다. 특히 배관작업 및 보수시 대구경 관의 외면을 용접하려면 관의 외면에 용접장치를 설치 및 구동할 수 있는 공간 확보가 요구된다. 이러한 공간 확보에 따른 공사기간 단축 및 비용절감을 위한 내면 용접자동화 시스템 개발이 요구되고 있다.

일반적인 용접자동화는 생산성 향상, 정확한 생산계획 및 스케줄, 용접 전문가 의존도 감축에 목적이 있다. 또한 용접기술 개발에 필요한 자동화 및 제어는 용접 작업자들의 작업 능력에 관계없이 일률적으로 최적의 결과를 체계적으로 얻고자 하는데 있다. 또한 그러한 목표를 달성하기 위하여 자동적으로 모든 관련정보를 생성 및 변환 할 수 있는 시스템 개발이 요구된다. 파이프 내면용접 작업의 자동화에 가장 중요한 요소는 최적의 용접조건을 결정하는 것이다. 특히 용접조건에 따라서 용접시간 및 품질이 결정되고 이에 따라 단위시간당 생산량이 좌우되고, 결론적으로 생산원가에 영향을 미친다. 따라서 고품질의 용접을 위해서 최적의 파이프 내면용접조건 선정 및 예측시스템의 개발이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 파이프 내면용접에 필요한 기초데이터를 이용하여 용접표준조건 선정용 신경망 모델, 용접품질용 신경망 모델, 보정신경회로망 모델로 구성된 3가지의 신경회로망 연결을 통해 최적 용접조건 선정할 수 있는 예측 알고리즘을 구성하였다.

2. 기초데이터 확보를 위한 용접실험

파이프 내면용접시 용접품질은 용접자세, 홈 형상, 용접속도, 용접 와이어의 굵기, 토치각도, 팁-모재간 거리 등에 따라 변화하며, 그 중에서 용접조건은 아크전압, 아크전압, 용접속도, 위빙방법이다. 또한 파이프 내면용접 시스템 개발에 있어서, 인공 신경회로망의 학습을 위하여 각 두께별로 pass수 고정이 필요하며, 용접품질에 크게 영향을 미치는 변수로 아크전압, 아크전압, 용접속도를 선정하였다. Table 1 본 연구에서 사용된 모재두께, 용접자세, 패스수 및 개선각의 값을 나타낸다.

Table 1 Base welding conditions employed in experiments

Variables	Value
Thickness (mm)	14, 16, 18
Pass No.	3, 4, 5
Welding position(°)	0, 45, 90, 135, 180
Groove angle(°)	60

본 연구에서 파이프 내면용접을 위해 설정한 용접자세(welding position)는 45°간격으로 5개로 분리하였으며 각각의 구간마다 용접자세(아래보기, 수평수직보기, 수평보기, 수평위

보기, 위보기자세)를 달리하여 실험을 실시하였다. 이를 위해 자동케리지를 장착하여 각 용접자세들을 구현해 낼 수 있는 용접용 지그를 제작하여 용접을 수행하였다. 실험에 사용된 용접 와이어는 Lincoln electric의 Pipeliner 70M으로, 직경 1.1mm의 플렉스 코어드 와이어이며, 용접전원은 Powerwave 455M을 사용하였다. 용접방법은 100%CO₂의 혼합가스를 보호가스로 사용하여 FCA 용접을 수행하였으며, 팁 높이는 15mm, 토치각, 위빙조건 및 dwell time들은 각각의 용접조건별로 조절하였다. 또한, 용접실험 중 용접비드의 아크의 안정성 유지 및 용접전류 및 아크전압을 계측하기 위한 아크모니터링시스템(WTS-100A)을 이용하였다.

용접 수행 후 비드형상을 보다 세밀하게 측정하기 위하여 Fig. 1에서 보는 바와 같이 3D scanner를 이용하여 스캐닝 후 추출된 비드형상의 좌표값을 2차원 데이터로 변환하여 표면비드 폭 및 표면비드높이 값을 계측하였다.

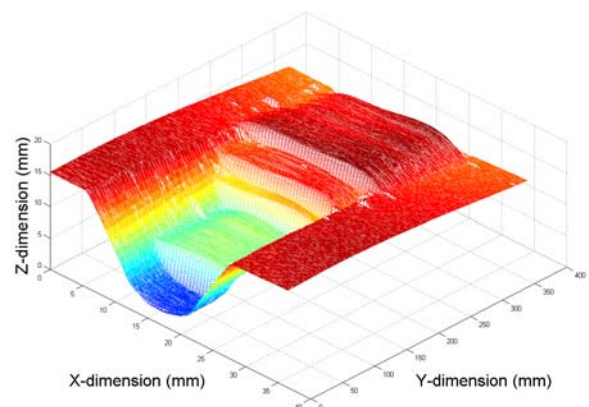


Fig. 1 Measured bead geometry using 3D scanner (thickness 18mm, welding position 90°)

3. 파이프 내면용접 조건 최적화를 위한 신경회로망 구성

본 연구에서는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 최적의 용접조건을 선정할 수 있는 예측 알고리즘을 구성하였다. 파이프 내면용접조건 선정 시스템은 내면용접에 필요한 기본정보를 입력하면 기존의 실험 및 관련 자료를 기초로 구축한 용접조건 선정용 데이터베이스 시스템으로부터 최적의 파이프 용접용 조건을 결정한다. 하지만 실험을 통해 얻어진 용접조건에 포함되지 않은 용접조건 선정은 단순한 데이터베이스로는 불가능하므로 용접표준조건 선정용 신경망 모델, 용접품질용 신경망 모델, CNN(Corrective Neural Network) 모델로 구성된 시스템을 개발하였다. 이 시스템을 통해 용접에 관련된 기본값만 입력하면 자동적으로 최적의 용접조건 선정이 가능하다.

개발된 파이프 내면용접조건 선정시스템은 기본정보 입력으로부터 최적의 용접조건을 결정하기까지 3단계로 구성하였다. 1단계는 기존 데이터베이스에 저장된 기본값(모재, 강관의 두께, 개선각, 패스수, 와이어 종류, 와이어 두께)을 기초로 신경회로망

를 이용하여 최적의 용접조건을 결정하는 과정이며, 2단계는 초기 용접조건 결정시 고려되는 요소들(이음부 종류, 그루브 종류, 보호가스 종류, 가스용량, 아크길이, 토치각도)의 영향을 고려하기 위하여 신경회로망을 이용한 보정과정이며, 3단계는 선정된 파이프 용접용 용접조건이 만족하는지를 체크하는 off-line 시뮬레이터 과정으로 구성하였다.

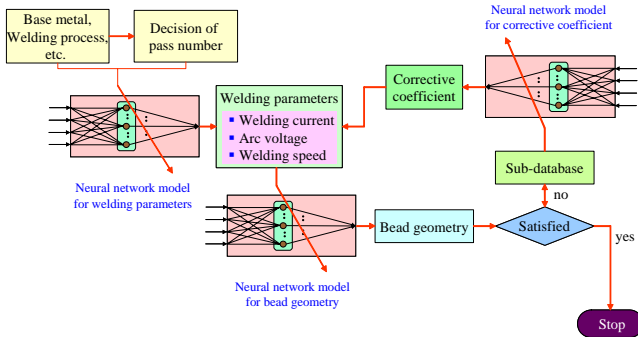


Fig. 2 Schematic diagram of Neural network models for selecting the optimal welding conditions

용접조건 검색 및 예측 단계에서는 실험결과를 기초로 일차적인 최적의 용접조건을 검색한다. 그러나, 데이터베이스에 저장되어 있지 않은 경우에는 신경회로망을 이용한 시스템에서 최적의 용접조건을 선정한다. 이용된 신경회로망의 모델 입력구조는 6개의 입력값, 각각 3개의 출력값(아크전류, 아크전압 및 용접속도)과 1개의 은닉층으로 구성되어 있다. Fig. 3은 두께가 각각 14mm인 경우 초층 및 표면층 용접시 예측 아크전압값과 실제 아크전압값을 비교-분석한 결과를 나타낸다. 이면 및 표면비드 모두 용접경사각 90°까지 오차범위가 크지 않지만, 90°~135° 구간의 경우 용접자세가 수직 및 위보기용접자세로 변하면서 오차의 범위가 갑자기 증가함을 확인할 수 있었다. 특히 180° 구간의 경우 실제 용접시 중력의 영향에 의한 비드 흘러내림 현상으로 그 오차범위가 상당히 크며, 두께가 증가할수록 그 경향이 뚜렷하게 나타남을 알 수 있었다.

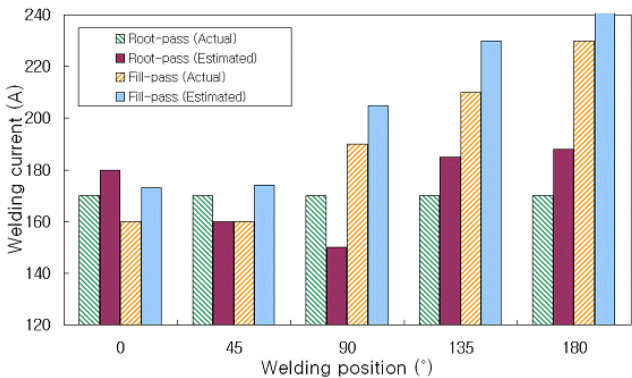


Fig. 3 Comparison of measured and predicted welding current at 14mm thickness using neural network model for welding parameters

용접품질을 위한 신경회로망 모델에서의 입력데이터는 앞서 선정된 최적용접조건값을 통해 결정된 각 패스수 및 용접위치별 용접전류, 아크전압, 용접속도로 3개이며 표면비드폭, 표면비드 높이, 이면비드폭, 이면비드높이값을 용접품질 출력값으로 선정하였고 은닉층은 1개로 구성하였다.

파이프 내면용접에서는 용접상태 및 품질에 영향을 미치는 변수들이 상당히 많이 존재하기 때문에 완벽한 시스템을 구축하기에는 방대한 데이터량이 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 최적의 용접조건 결정시 고려되지 않은 변수의 영향을 고려하기 위하여 신경회로망 모델에 휴리스틱(Heuristic) 공정을 추가하였다. 여기에서 신경회로망 기법을 이용하여 기준값에 포함되지

않은 이음부종류, 그루브 종류, 보호가스 종류, 가스용량, 아크길이, 토치각도의 변화 등의 영향을 반영하여 최적의 용접조건 수정을 위한 보정계수를 구하여 보정하였다. Fig. 4는 앞부분에서 언급된 표면비드와 이면비드의 예측된 아크전압, 아크전압, 용접속도값과 실제값 아크전압, 아크전압, 용접속도 값의 보정을 시행한 결과를 나타낸다. 휴리스틱 보정의 과정을 거친 다음에 예측값과 실제값이 거의 일치함을 알 수 있다. 하지만, 아크전압의 경우는 이면비드는 문제가 없었으나, 표면비드의 경우 두께가 16mm 및 18mm에서는 오차범위를 넘어서 추가적인 연구가 필요함을 확인할 수 있었다.

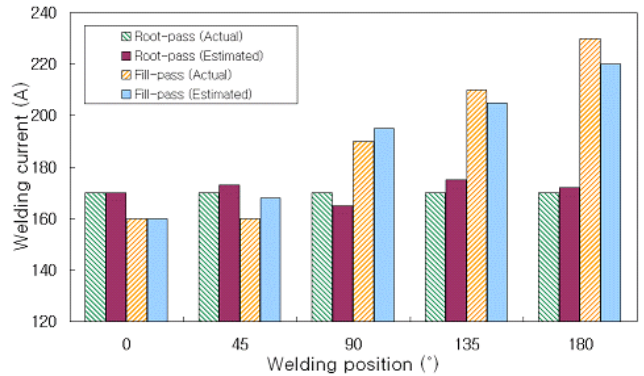


Fig. 4 Comparison of measured and predicted welding current at 14mm thickness using corrective neural network model

4. 결론

본 연구에서는 파이프 내면용접에 필요한 기초데이터를 이용하여 최적의 용접조건을 선정하기 위한 신경회로망 모델 구성 및 연결을 통해 최적 용접조건을 선정할 수 있는 예측알고리즘을 구현하였다. 신경회로망을 이용한 예측결과 대부분이 오차범위 내에서의 예측결과를 나타내었다. 이를 통해 파이프 용접자동화 시스템 구성을 위한 기반기술을 확보하였으며 향후 완성될 파이프 내면용접 자동화시스템에 적용될 예정이다.

참고문헌

1. Lee, J. I. and Um, K. W., "A prediction of welding process parameters by prediction of back-bead geometry," J. Materials Processing Technology, 108, 106-113, 2000.
2. Simpson, Li. X. and Rados M., "Neural networks for online prediction of quality in gas metal arc welding," Science and Technology of Welding and Joining, 5, 71-79, 2000.
3. Tarng, Y.S., Tsai, H.L. and Yeh, S.S., "Modeling, optimization and classification of weld quality in tungsten inert gas welding," International Journal of Machine Tools and Manufacturing, 39, 1427-1438, 1999.
4. Juang, S.C., Tarng, Y.S. and Lii, H. R., "Comparison between the back-propagation and counter-propagation works in the modeling of the TIG welding process," Journal of Materials Process Technology, 75, 54-62, 1998.