

## GMA용접에서 공정 제어를 위한 최적 신경회로망 적용

### Application of Neural Network for Process Control in GMA Welding

김일수\*, 박창언\*, 손준식\*\*, 김인주\*\*, 이승찬\*\*, 김학형\*\*

\* 목포대학교 기계·해양시스템공학부

\*\* 목포대학교 대학원 기계공학과

## 1. 서 론

파이프용접에서 특정용접을 하기 위한 최적의 용접조건 선정하는 작업은 대개 많은 시간과 비용을 요구한다. 최근에 인공지능(AI) 기술을 이용하여 용접변수를 결정하기 위해서는 생산성, 용접결함 등 여러 가지 요소를 고려해야 한다고 주장한다<sup>1)</sup>. 지금까지 많은 연구자들<sup>2,3)</sup>은 아크용접에 필요한 최적 용접변수를 선정하기 위하여 다양한 실험 및 용접공의 노하우도 이용하고 있다. 그러나 국내의 경쟁력확보를 위하여 고품질 용접에 대한 연구가 요구되고 있으며, 파이프 용접용 용접변수 선정에 대한 체계적인 연구가 시급한 실정이다.

용접변수를 선정하기 위한 가이드라인과 수학적 모델은 많이 있지만<sup>4,5)</sup>, 그 용접 공정이 복잡하고 간소화하기에는 너무 광범위하여 아크용접 공정에는 만족할만한 성과를 얻지 못하였다. 다양한 아크용접에 용접변수를 결정하는 데 몇 가지 AI 기술<sup>6,8)</sup>이 응용되고 있다. Eisler와 Fuerschbach<sup>9)</sup>은 MATLAB 기반 소프트웨어를 이용, SOAR(Smartweld Optimization and Analysis Routines)을 개발하여 용접작업에 적용하였다. Tarng 등<sup>10)</sup>은 최근에 퍼지 패턴 인식기법을 응용하여 가스 텀스텐 아크(GTA) 용접에 알루미늄 용접 품질을 분류하는데 적용하였다. 다양한 아크용접에 최적의 용접변수를 결정해주는 AI 기법이 최근에 개발되었지만 그 응용 범위가 제한적이고 파이프 용접 시스템의 용접변수 예측에 적용한 사례는 없다.

본 논문에서는 파이프 용접에서 용접변수를 자동 결정해주는 컴퓨터기반 인공지능 시스템 개발

에 관한 것이다. 이러한 목표를 위하여 최적의 용접 변수를 선택해 주는 인공지능 알고리즘을 개발하고, 하나의 데이터베이스 및 유한요소법(FEM) 모델, 두 개의 역전파(BP) 신경망 모델 및 보정 신경망(CCN) 모델을 이용한 인공지능 시스템을 개발하여 최적의 용접변수를 결정한다.

이 시스템을 통해 작업자가 상이한 소재에 대해 최적의 공정변수를 자동적으로 선택할 수 있고, 사용자들은 여러 가지 방법으로 용접품질 제에 응용될 수 있다.

## 2. 인공지능 시스템 개발

Figure 1에 파이프 용접용 용접변수를 결정하는 인공지능 시스템의 대략적인 구조를 나타낸다. 이 지능 시스템은 (1) 데이터베이스 및 FEM 모델, (2) 용접 변수용 BP 신경망 모델, (3) 용접 품질용 BP 신경망 모델, (4) CNN 모델 등 4개의 요소로 구성되어 있다. 먼저, 사용자는 모재 및 개선각을 결정하고, 모재, 용접방법, 비드형상 크기를 시스템에 입력했다. 데이터 베이스 및 FEM 모델을 통해 소재의 두께, 그루브 각도, 소재의 유형, 와이어의 유형, 와이어의 지름 등 1차 입력변수에 따라 패스 수를 산출한다. 그런 다음, 용접 변수용 BP 신경망 모델을 통해 패스 수, 소재의 두께, 그루브 각도, 소재의 유형, 와이어의 유형, 와이어의 지름에 따라 각 패스 및 용접 위치에서 최적의 용접변수(용접전류, 아크전압, 용접속도)가 산출된다. 비드형상 크기는 용접 품질용 BP 신경망 모델에서 최적의 용접변수 및 학습 데이터에 대한 정보를 통해 예측된다. 사용자가 입력한 비드형상 크기는 예측된 구조와 비

교된다. 사용자가 입력한 비드형상 크기가 예측된 구조와 맞지 않는 경우, CNN 모델이 구동하여 1차 입력 변수와 2차 입력 변수(이음 유형, 그루브 유형, 주위가스, 아크길이, 토치각도, 주변가스 유형)를 이용하여 수정 계수를 산출, 입력한 비드형상 크기에 기초한 예측 용접변수를 수정한다. 수정된 용접변수가 산출되고 수정계수와 예측 용접변수가 곱해진다.

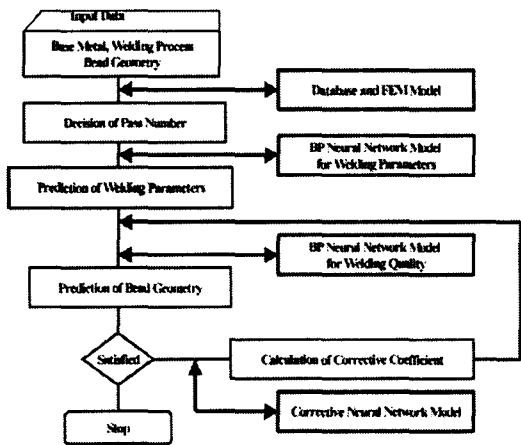


Figure 1 공정 변수를 결정하는 시스템 흐름도

### 3. 시스템 실행 및 검증

이 시스템은 Windows 운영체제 환경 하에서 Visual C++ 프로그램을 이용하여 개발하였다. Figure 2는 사용자 인터페이스와 관련 입력 값을 보여준다. 이 창의 다른 쪽에서 소재의 두께, 그루브 각도, 소재의 유형, 와이어의 유형, 와이어의 지름과 같은 입력변수가 입력되어 있다. 이러한 허용 가능한 용접 변수들은 용접 기하 구조 측면에서 연관 용접품질을 검증하기 위해 오프라인 시뮬레이터에서 검증한다. 예측된 용접 변수를 이용하여 오프 라인 시뮬레이터가 운용되고, 패스 수와 용접 위치에 따라 최적 용접변수의 용접위치와 값이 체크된다.

개발된 시스템을 검증하기 위해, 직경 42 in, 22mm 두께의 STKM 강 파이프를 가지고 실험을 수행하였다. 요구된 패스 수는 각 패스와 용접위치에 대한 용접변수를 예측하는 데 사용된다. Figure 3은 용접이 끝난 용접 후 맞대기 용접 시험편을 나타낸다. 용접된 샘플은 가로로 절개되어 ASME SEC IX 표준 절차로 검사했고 또한 광 주사 전자 현미경 검사 후 비드형상 크

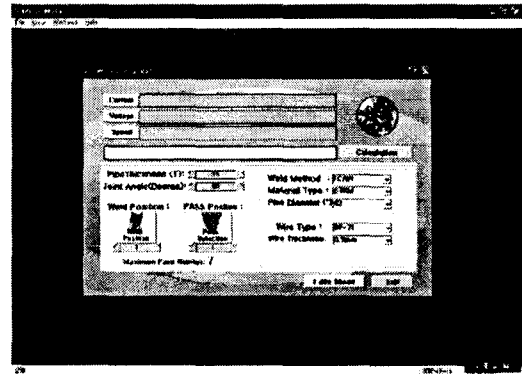


Figure 2 사용자 인터페이스 및 해당 입력창

기를 측정했다. 언더컷 및 뒤틀림은 발견되지 않았다. 이음의 인장 강도를 평가하기 위해 인장 검사도 수행했다. 개발된 시스템이 결정해준 예측 용접변수를 이용했을 때의 용접품질은 우수함을 알 수 있다. 따라서 개발된 시스템을 이용하여 산출한 각 패스 수 및 용접위치별 최적 용접변수는 현장에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 4. 결론

본 논문에서 제안하는 시스템은 1차 및 2차 입력변수에 기초로 용접변수를 결정함으로써 부적절한 용접설계를 방지하는 데 도움을 줄 수 있다. 개발된 시스템은 원래 다양한 소재와 상이한 용접방법을 위해 개발되었지만 차후에 다양한 용접 분야에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.



Figure 3 용접 후 맞대기 용접 시험편 사진

## 참고문헌

1. Lucas W, Brightmore AD : The welding institute approach to writing information software for welding engineers, Welding Quality, The role of computers, Pergamon, Vienna, 1988, 141-157
2. Lebacqz C, Brechet Y, Shercliff HR, Jeggy T and Salvo L : Selection of joining methods in mechanical design, Materials and Design 23, 2002, 405-416
3. Galopin M and Boridy E : Statistical experiment in arc welding. Proceedings of an Int. Conf. on Trends in Welding Research, 1986, 719-722
4. McGlone JC : The submerged arc butt welding of mild steel-A decade of procedure optimization. The Welding Institute Report 13, 1980, PE
5. Shinoda T and Doherty J: The relationship between arc welding parameters and weld bead geometry a literature survey, The Welding Institute Report 74, 1978, PE
6. Sabapathy PN, Wahab MA and Painter MJ : Numerical models of in-service welding of gas pipelines, J Mat Processing Technology 118, 2001, 14-21
7. Tang YS, Yeh SS and Juang SC: Fuzzy pattern recognition of tungsten inert gas weld quality Int. J Advanced Manufacturing Technology 13, 387-392
8. Chandel RS : Mathematical modeling of gas metal arc weld features. Proceedings of the Fourth International Conference on Modeling of Casting and Welding Processes, 1988, 109-120
9. Eisler GR and Fuerschbach PW : An extensible suite of codes for weld analysis and optimal weld schedule. Seventh International Conference on Computer Technology in Welding, NIST, San Francisco, California, 1997, 257-268
10. Tang YS and Yang WH Optimization of the weld bead geometry in gas tungsten arc welding by the taguchi method Int. J. of Advanced Manufacturing Technology, 1998, 549-554