

매그 용접용 퍼지 전문가 시스템

Fuzzy Logic Based Expert System for MAG-Welding

박 주용

한국 해양대학교

1. 서론

용접 기술은 기계, 금속, 전기, 물리 및 화학 등의 다양한 분야로 이루어져 있는 복합적인 기술 분야이다. 또한 용접 과정은 많은 인자들이 상호 관련성을 맺고 있는 복잡한 물리 현상으로써 아직도 많은 부분이 정량적으로 해석이 되지 않고 있어 주로 경험적인 지식에 의존하여 용접이 이루어지고 있다. 따라서 용접 작업시에는 다양한 분야의 많은 전문 지식과 함께 풍부한 경험을 갖춘 전문가가 필요하다. 그러나 이러한 요건을 갖춘 전문가는 많지 않으므로 전문가의 지식을 갖추고 전문가의 문제 해결 방식으로 지식을 처리하고 필요한 정보를 제공하는 전문가 시스템은 용접 기술에 매우 유용한 수단이 된다. 특히 지식 표현 및 지식 처리 과정에 퍼지 로직을 도입한 퍼지 전문가 시스템은 부정확함 또는 불확실함을 내포하고 있는 경험적 지식에서부터 합리적인 결과를 도출할 수 있으므로 용접 기술에 이상적으로 적용될 수 있다. 본 논문에서는 연강 및 고장력강 용접에 적용되는 MAG 용접법을 대상으로 적절한 용접 조건을 제시하고 용접 변수를 최적화할 수 있는 MAG 용접용 퍼지 전문가 시스템을 소개한다.

2. 퍼지 전문가 시스템(Fuzzy Expert System)

전문가 시스템은 미리 설정된 알고리즘에 의해 문제를 처리하는 일반 프로그램과는 달리 전문가의 지식의 집합인 지식베이스와 지식 운용 방법인 추론기구에 기초하여 사용자와의 대화를 통해 문제를 해결하는 새로운 소프트웨어이다. 이 때 이용되는 지식에는 실험을 통해서 또는 현장에서 얻어진 정량적인 데이터 뿐만 아니라 인공지능 기법을 통해 처리되는 경험적인 사실이나 규칙 등도 포함된다.

퍼지 로직은 한 진술을 참 아니면 거짓으로 간주하는 기존 논리와는 달리 참의 정도를 나타냄으로써 실제에 가깝게 현상을 기술할 수 있는 새로운 표현방법이다. 퍼지 이론은 용접 현상에 관련된 인자들의 비선형적이고 불확실하며 부정확한 상호관계를 비교적 사실적으로 기술할 수 있게 하며 퍼지 로직의 근접 추론(approximate reasoning)은 그들로부터 새로운 유용한 정보를 유추할 수 있게 한다. 퍼지 전문가 시스템은 지식의 표현이나 추론기구에 퍼지 집합 및 퍼지 로직을 적용하여 기존 전문가 시스템이 다루기 어려운 모호하거나 불완전한 지식도 합리적으로 처리할 수 있는 개량된 전문가 시스템이다.

3. 용접변수 및 용접 결과사이의 상호 관계 고찰

3.1 용접 전류, 와이어 공급 속도, 용접 전압 및 용접 속도

용접전류, 와이어 공급 속도, 용접 전압 및 용접 속도는 안정된 아크와 바람직한 용적이 행 형태가 되기 위해서 어떤 일정한 범위내의 값을 가져야 한다. 입열 및 열전달 이론식과 실험결과에 의해 이들의 사용가능 범위는 Fig. 1과 같이 표시된다. Fig. 1에서 3차원적으로 표시된 용접 조건의 사용가능 범위는 모재종류, 판두께, 와이어 지름과 보호가스 등에 따라 달라진다.

3.2 용접 변수가 용접 결과에 미치는 영향

용접시 용접 결과에 영향을 미치는 인자는 무수히 많고 관련성이 매우 복잡하여 아직 상호간의 정량적인 관계는 규명이 되어 있지 않다. 본 연구에서는 용접 결과를 스패터 발생량

과 비드 형상으로 간주하여, 많은 관련 인자들 중 비교적 조정이 용이한 대표적인 인자들이 용접 결과에 미치는 정성적인 관계를 조사하여 Fig. 2로 나타내었다. 이 정보는 퍼지 집합과 퍼지 추론에 의해 정량적인 관계로 변환되어 적절한 용접 조건 제시 과정과 용접 변수 최적화 과정에서 수치화된다.

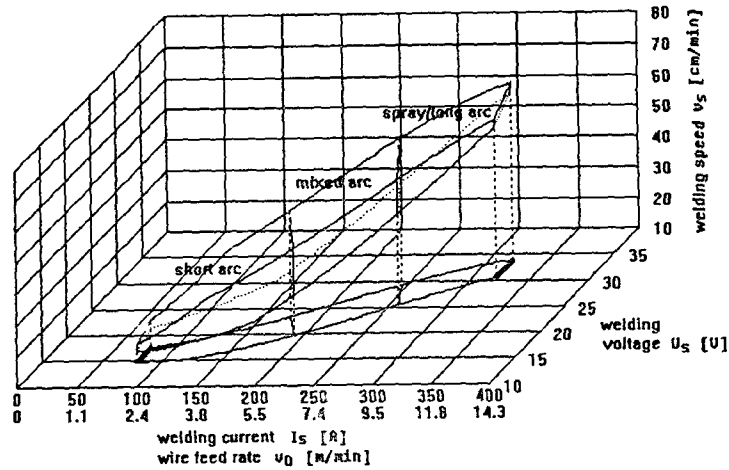


Fig. 1 Three dimensional representation of usable welding parameter

4. 퍼지 전문가 시스템에 의한 용접 조건 제시 및 용접 변수 최적화

3장에 소개된 용접 변수들간의 상호 관계 및 그들의 용접 결과에 대한 관련성은 부분적으로 정량적으로 표시되나 대부분은 경험에 기초하여 정성적으로 표현된다. 그러나 적절한 용접 조건 또는 보다 개선된 용접 결과를 얻을 수 있는 최적화된 용접 변수는 구체적인 수치로 표현되어야 하므로 정성적인 정보를 정량화하는 작업이 필요하다. 퍼지 집합 및 퍼지 추론 기구는 정성적인 지식을 정량화하는 데에 유용한 도구로 사용된다.

4.1 퍼지 집합에 의한 용접 변수의 크기 평가

경험적인 용접 관련 지식에 포함되어 있는 용접 변수는 대부분 “크다”, “작다”, 또는 “매우 높다” 또는 “중간 정도이다”와 같이 언어적으로 크기가 표현되어 있다. 이와 같이 애매하게 표현된 변수의 크기는 퍼지 집합을 사용하면 합리적으로 나타낼 수 있다. Fig. 2는 주요 용접 변수의 크기를 퍼지 집합을 적용하여 평가한 것을 보여주고 있다.

4.2 퍼지 룰(Fuzzy rule)에 의한 용접 관련 지식의 표현

룰은 인공지능 분야에서 지식을 표현하는 데에 가장 널리 쓰이는 방법으로써 영어의 if문에 해당하는 조건문과 then에 해당하는 결론문으로 구성되어 있다. 퍼지 룰은 조건문과 결론문이 퍼지 집합으로 표현된 룰로써 많은 용접 관련 지식도 바로 퍼지 룰의 형태로 표기된다. 예를 들어 I형 흡의 용접시 용접 조건을 결정하기 위해서는 우선 용접 전류를 결정 후 적절한 비드형상을 고려하여 그 용접 전류에 알맞는 용접 전압과 용접 속도를 구하면 된다. 이 때 용접 전류는 모재 두께와 루트 간격에 의해 크기가 결정되는데 여기에 적용되는 퍼지 룰은 이를테면 “박판이고 루트 간격이 크면 용접 전류는 낮은 값을 사용한다.”와 같이 표현된다. 대부분의 경험적인 용접 지식은 이와 같이 표현될 수 있으며 이 퍼지 룰들은 퍼

지 추론 기구에 의해 정량적으로 평가되어 마지막 결론에서는 수치화된 정보로 변환된다.

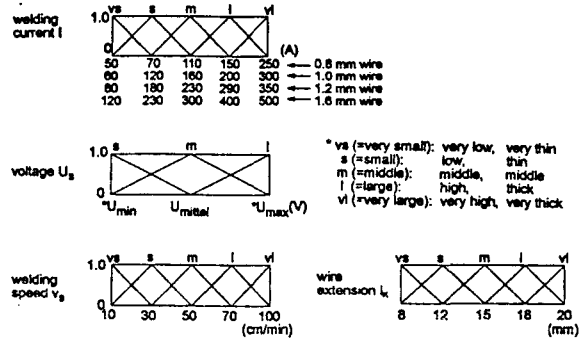


Fig. 2 Evaluation of welding parameter with fuzzy-sets

4.3 퍼지 시스템에 의한 비드 형상의 추정

비드 형상은 용접 변수에 의해서 결정되지만 비드 형성시에 매우 복잡한 물리, 야금현상이 동반되어 아직 이들 사이에 정량적인 관계가 밝혀져 있지 않다. 최근에는 인공지능망을 활용하여 용접 변수가 주어졌을 때 비드 형상을 예측하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 퍼지 시스템을 활용하여 비드 형상을 추정하는 방법을 모색하였다. 비드 형상은 용입, 비드 폭 및 덧살 높이로 나타내었고 비드 형상을 지배하는 인자는 3그룹으로 나누어 이음부 그룹에 속하는 인자로 루트간격 및 루트면(I-혼의 이음부일 경우는 판 두께), 용접 변수 그룹에 속하는 인자로 용접 전류, 용접 전압 및 용접 속도 그리고 토치그룹에 속하는 인자로 토치경사각 및 와이어 돌출길이를 선정하였다. 이 때 지배 인자는 Fig. 3과 같이 퍼지 시스템에서 입력 변수, 비드 형상은 출력 변수가 되고 이들 사이의 관계는 퍼지 룰로 표현된다. 비드 형상 추정은 각 인자 그룹별로 분리하여 시행한 후 그 결과들을 종합하여 전체적인 비드형상을 구성하는 수법으로 진행된다.

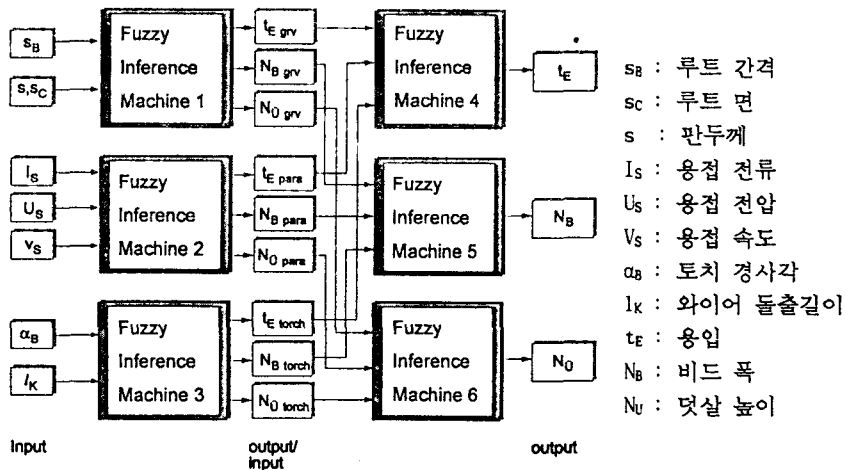


Fig. 3 Fuzzy system for prediction of bead form

4.4 용접 조건 제시

용접시 결정되어야 할 용접 조건으로는 이음부 종류 및 형상, 보호가스의 선택, 와이어 종류 및 와이어 지름, 입열 조건, 용접 전류 및 와이어 공급 속도, 용접 전압, 용접 속도,

와이어 돌출길이 및 토치 경사각 등이 있다. 이 용접 조건들은 3장에서 소개된 바와 같이 상호 의존성을 갖고 있기 때문에 일정한 수순에 따라 결정되어진다. Fig. 4는 용접 조건들의 상호 의존성의 분석을 토대로 작성된 용접 조건들의 결정 순서이다.

4.5 용접 변수의 최적화

용접 변수의 최적화의 목적은 비드 형상의 개선과 용접 과정의 안정화에 있다. 용접 변수의 최적화는 Fig 5에서와 같이 임의의 용접 조건하에서 용접된 결과에 대한 사용자의 평가를 기준으로 사용자가 원하는 결과를 얻을 수 있도록 용접 변수를 수정하는 과정이다. 용접 변수의 수정시 수정치는 사용자의 현재의 비드형상에 대한 평가와 퍼지 시스템에 의한 비드형상의 추정치가 동시에 고려됨으로써 적절한 값으로 결정된다.

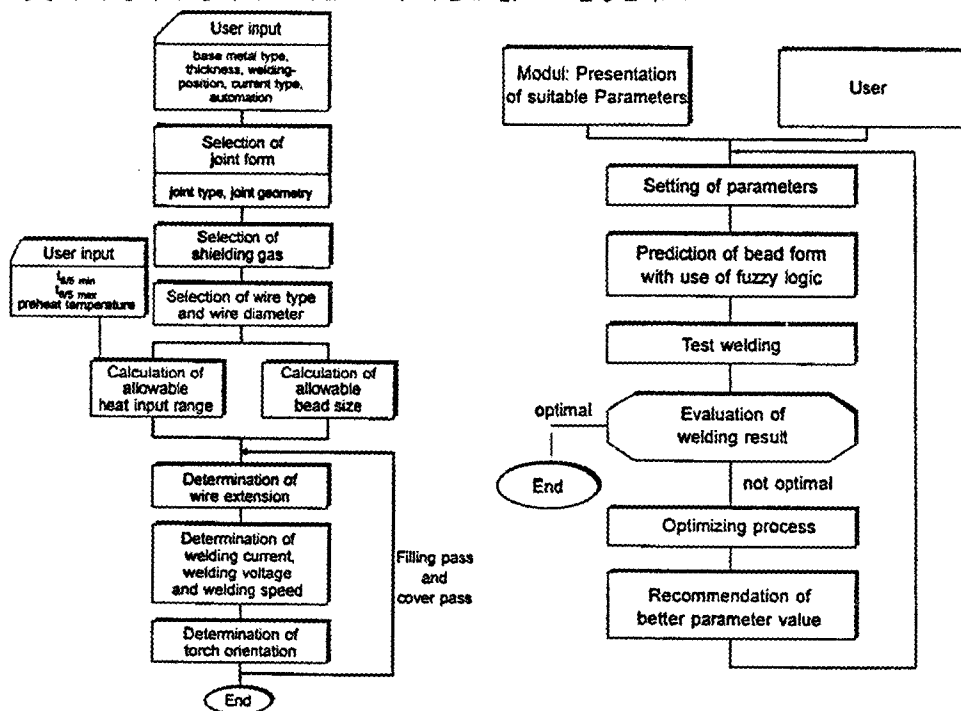


Fig. 4 Presentation of welding parameter Fig. 5 Optimization of welding parameter

6. 결론

퍼지 전문가 시스템에서는 경험적이고 불확실성을 내포하는 정보 및 지식이 적절히 표현되고 합리적으로 처리되기 때문에 용접 기술은 퍼지 전문가 시스템이 이상적으로 적용될 수 있는 분야이다. 용접 변수들과 용접 결과간의 상관 관계는 퍼지 로직에 의해 정량적인 형태의 지식으로 구현되고 이 지식에 기초하여 구축된 MAG 용접용 퍼지 전문가 시스템은 적절한 용접 조건의 제시와 보다 나은 비드 형상을 얻기위한 용접 변수의 최적화 작업에 매우 유용하게 적용될 수 있다.

7. 참고 문헌

1. U. Dilthey, G. Habedank, J.-Y. Park : MAGPERT - A Knowledge Based Advisory System for MAG-Welding, IIW-Doc. XII-1289-92(1992)
2. Ju-Yong Park : Fuzzy-Logic-basiertes Beratungssystem zur Prozeßoptimierung und Fehlerdiagnose beim MAG-Schweißen, Dissertation RWTH Aachen, 1993