

탄산가스아크용접에 대한 용접전문가시스템 II (시공·검사부문)

김 재근, 이 상진*, 이 시중, 신 윤섭
(대우중공업 중앙연구소)

1. 서 론

최근 용접구조물은 사용조건이 가혹하고 대형화, 다양화하고 있고, 품질보증의 중요성이 급속히 증가하는 반면 국내 용접기술의 취약성으로 인해 품질확보는 이에 상응하지 못하고 있는 형편이다. 용접현상은 극히 복잡하고 영향인자가 매우 많아 용접기술자에게 가해지는 부담은 매우 과중하여 용접성을 충분히 고려한 용접이음설계, 설계목적에 맞는 이음형상과 용접품질의 확보를 동시에 충족시킨다는 것이 쉽지 않다. 이러한 어려움을 해결하는 방법의 하나로 최근에 들어서 용접기술과 자료의 축적을 통한 전산화가 이루어지고 있으나 대부분이 축적된 자료의 검색만을 하는 실정이다. 이러한 것은 용접시 발생하는 모든 조건에 대해 축적된 데이터를 요구하나 모든 조건에 대한 데이터를 축적한다는 것이 현실적으로 매우 어려운 실정이다. 본 소프트웨어는 인공지능기법을 활용하여 용접기술에 대한 지식, 경험등을 토대로 전문가가 행하는 문제해결 과정을 규칙적으로 표현함으로써 비전문가의 경우도 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 본 보고는 특히 사용자가 요구하는 용접이음형상을 얻기 위한 용접시공조건외의 설정 및 용접부위의 품질확보에 필요한 용접결함의 허용기준에 대한 것과 본 시스템의 지원 및 용접관련 지식을 지원해 주는 보조지원 프로그램에 대한 것이다.

2. 시스템의 개요

본 시스템은 탄산가스 아크용접기술에 관한 것으로 40~50kg급의 구조용강(SS41, SM41, SM50등)을 모재로 하는 두께 3~35mm 범위의 강판에 적용 가능한 것으로 용접부의 이음설계에 대한 용접설계 프로그램, 요구되는 형상을 얻기위한 용접시공조건설정 프로그램과 품질관리를 위한 용접결함의 허용기준을 알려주는 용접품질관리 프로그램, 본 시스템의 지원 및 용접관련기본지식을 지원하는 보조지원 프로그램 등으로 모듈화하여 구성되어 있다. 사용에 있어서는 사용자의상황에 따라 각 모듈을 선택하여 이용할 수 있도록 하였다. 본 소프트웨어를 개발하는데 사용된 언어는 논리적 추론기능이 뛰어나고 퍼스널컴퓨터에서 사용할 수 있는 Turbo PROLOG이다.

3. 시공 알고리즘

용접시공이란 설계에서 주어진 모재두께, 개선형상(루트면의 크기, 루트간격, 개선각 등)에 알맞은 용접조건을 설정하여 원하는 용접이음부의 형상을 얻는 과정이다. 이때 용접조건외의 설정에는 그림1.에서 보는 바와 같이 용접전류, 용접전압, 용접속도, 와이어직경, 와이어들출길이(stick out), 와이어송급속도(wire feedrate), 용접방향, 용접시 위빙(weaving)의 유무 등 매우 많은 인자가 유기적으로 관계되고 있어 적정조건을 산출하는 것이 매우 어렵다. 본 시스템에 사용한 용접조건외의 산출에 있어서는 기본 지식과 경험뿐만아니라 개개의 주어진 환경에 따라 용접조건을 찾아가는 규칙을 얻기 위해서 약 1800회에 달하는 실험을 행하였다. 이들로부터 약 800개 정도의 시편에 대한 외관 및 용접부위의 절단면에 대한 사진촬영을 실시하였고, 복잡한 용접시공변수에 대한 아크의 안정성, 용입깊이, 내부결함 및 비드형상 등과의 관련정도에 대한 해석을 실시하여 각 변수의 상관관계를 조사하여 프로그램화하였다. 알고리즘은 그림2.와 같이 입력단계에서는 요구되는 용접부의 이음형상을 얻기 위해 용접설계에서 주어진 설계코드(때에 따라서는 각장 코드도 포함)를 입력시키거나 이와 관계없이 사용자가 모재두께, 용접이음의 종류, 루트면, 루트간격, 용입조건 등을 입력할 수 있다. 입력된 용접부의 기하학적 형상과 용착효율로부터 용착량을 구한 후 두께와 용착량, 경제성을 고려하여 용접와이어의 크기를 결정한다. 용접 와이어의 선택은

당사에서 쓰이는 0.9φ, 1.2φ, 1.4φ의 범위에서 이루어지도록 하였다. 다음 단계에 와서는 제반 용접조건을 가정하여 용입조건과 아크안정성 등을 비교하면서 전면과 후면에 대한 총 패스수와 각 패스마다 용접할 용작량을 구한다. 이어서 용접조건, 즉 와이어의 들출 길이, 용접전류, 와이어 송급속도, 용접속도, 용접방향, 위빙(weaving)의 유무 등을 그림1.과 같이 상호간의 영향을 고려하여 각 패스에 대해 반복하여 구한다. 다음 단계는 앞에서 구한 용접조건으로 용접할 때 예상되는 경비를 산출하고 마지막 단계로 지금까지 구한 결과를 출력함으로써 끝맺도록 되어있다.

4. 검사 알고리즘

용접부의 품질에 영향을 미치는 개개의 용접결함에 있어서 용접구조물에 미치는 위험도를 고려해 그림 3.에서와 같이 몇개의 그룹으로 나누고, 용접부의 품질등급을 4개 등급으로 분류하여 각 등급에 따른 허용기준을 정하였다. 먼저 용접결함을 방사선투과검사를 실시하는 내부결함과 방사선투과검사를 실시하지 않는 외부결함으로 나누고 내부결함의 허용기준은 JIS Z 3104, 외부결함의 허용기준은 DIN 8563 P3를 참고하여 각 등급에 대한 결함의 허용한도를 결정하였다. 용접결함의 허용기준을 알려주는 검사부문의 알고리즘은 그림 3.과 같이 입력단계에서는 설계나 시공의 결과를 이용하거나 사용자가 용접부형상과 품질등급을 입력하는 것으로 이루어졌다. 입력이 끝나면 결함을 크게 내부결함과 외부결함으로 나누고 각각을 종류별로 세분화하여 각 결함의 등급에 따른 허용기준을 제시하는 것으로 이루어졌다. 마지막 단계로 사용자의 요구에 따라 각 결함의 허용기준을 출력하는 것으로 끝을 맺게 된다.

5. 보조 지원 프로그램

본 시스템에 대한 도움말이나 용접 전반에 대한 해설을 위한 프로그램으로 다음과 같은 내용으로 구성되어 있다.

- 용접시공 변수, 용접결함의 발생원인, 용접기 관리 등의 설명을 위한 도움말 기능
- 용접설치코드와 각장코드의 체제 및 각 코드에 대한 정보를 제시해 주는 기능
- 수시로 변하는 용접시공경비 산출에 필요한 각 항목의 단가 수정기능
- 탄산가스 용접공정의 개요, 용접결함의 원인 및 대책, 용접기 설치 등의 내용을 한글로 프린트 하는 기능

6. 프로그램 실행 예

그림4.와 같이 베벨그루브 형태로 개선한 3등급의 필렛이음을 할 때의 용접시공조건을 구한 결과가 그림 5.와 같이 전면 2패스, 뒷면 1패스의 총 3패스로 용접할 것을 알려주고 있다. 검사부문에서는 용접부의 안전성 및 신뢰성 유지를 위해 3등급에 대한 용접결함의 허용기준을 그림 6.과 같이 제시해 주고 있다. 이때 외부결함은 그림 7.과 같이 각 결함에 따른 기하학적 형상을 함께 제시하여줌으로서 이용자가 쉽게 알아 볼수 있도록 하였다.

7. 결론 및 향후과제

퍼스널컴퓨터를 이용하여 누구나도 손쉽게 사용할 수 있는 용접분야의 전문가시스템을 개발함으로써 용접 기술자의 과중한 업무부담을 덜 수 있고 관련업무의 신속한 처리가 가능하게 되었다. 용접조건 결정에 있어 자료의 단순한 검색이 아닌 기존의 지식이나 경험 등을 이용한 논리적 추론으로부터 구한 용접조건을 제시하여 줌으로서 개개의 모든 상황에 대한 데이터베이스의 구축없이 문제해결이 가능하게 되었다.

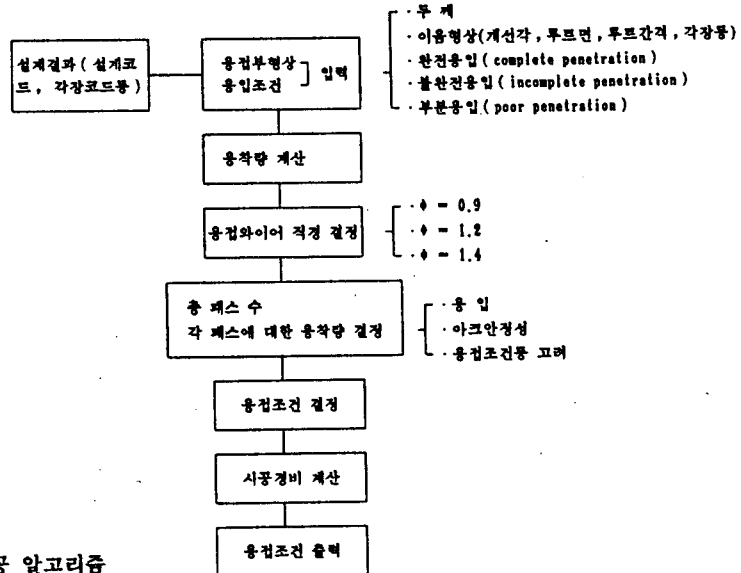


그림 2. 시공 알고리즘

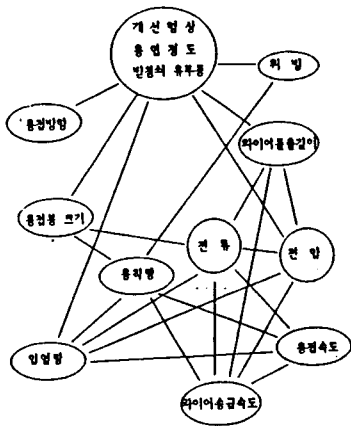


그림 1. 용접시공변수

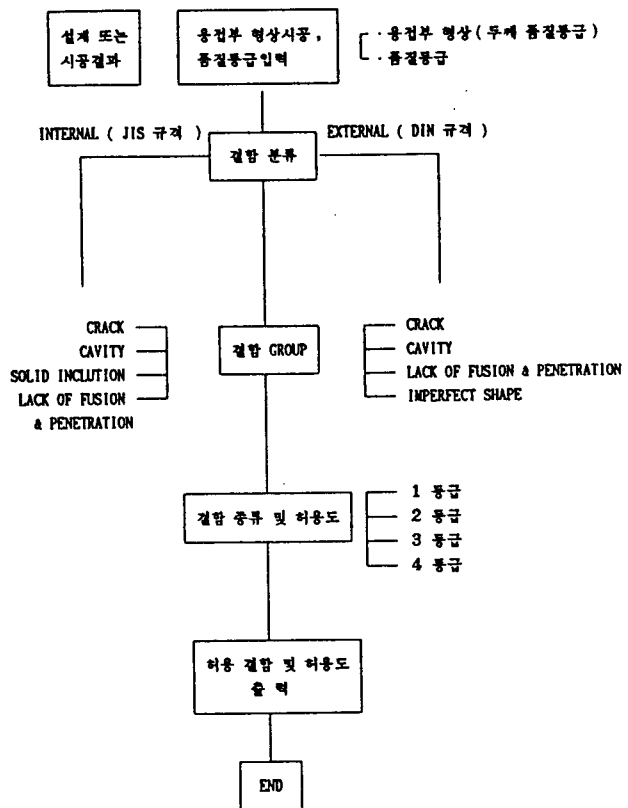


그림 3. 검사 알고리즘

----- WELDING PROCEDURE SHEET -----

drawing date : 1990. 2. 28.
due date :

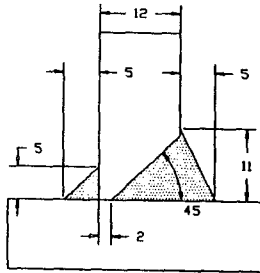


그림 4. T-형 필렛이음

	drawing	check	approval					
	Item No. :							
	Welding process : CO2 GMAW							
	Design Code : 2T-F230							
	Wire size : 1.4 φ							
	Type : Fillet Joint L-groove							
Gas flow rate : 22 L/min								
Welding position : Flat								
Pass #	Fw m/min	Volt. V	Amp. A	Vw mm/min	So mm	Depo. g/min	Weav. mm	Direction
F1	7.50	32	306	342	22	88	NO	Backward
F2	6.80	31	285	288	22	80	YES	Forward
R1	4.00	26	200	478	22	47	NO	Backward

Remark :-

그림 5. 프로그램 실행 결과 (시공부분)

Page :

----- WELDING INSPECTION SHEET -----

** external defect **

drawing date : 1990. 2. 28.
due date :

Item No. :	drawing	check	approval
Design Code : 2T-F230			
Type : Fillet Joint Quality Grade : 3			
feature	acceptable quality =	status	Judge.
Open end crater	Slight depressions permitted		
Visible pore	Permitted to a limited extent		
Slag inclusion	Permitted to a limited extent		
Lack of fusion	A little permitted		
Excessive asymmetry	$z2-z1 \leq 2 \times 0.20 \times a$		
Excessive convexity	$b-a \leq 1 \times 0.20 \times a$		
Undercut	Permitted to a limited extent		
Undersize weld	$a-b \leq 0.3 \times 0.05 \times a$		
Spatter	No requirement		
Arc strike	No requirement		
Total Judgement:			

* Refer to defect figure sheet

page:

EXTERNAL DEFECT

Joint : Fillet Joint Quality : Grade 3 Thickness : 12 (mm)

Defect group : Improper Slope

Defect name : Excessive convexity

Grade Judgment :
 $b-a \leq 1 \times 0.20 \times a$

Remark :
Maximum value of (b-a) is 4, slightly higher local values are permitted

Press a key to continue.

그림 7. 용접결함의 허용기준

그림 6. 프로그램 실행 결과 (검사부분)