

CO₂레이저 절단을 위한 전문가 시스템 개발에 관한 연구 A study on the Development of an Expert system for CO₂ Laser Cutting

최 은석 * · 한 국천 * · 나 석주 * *
* 대우 자동차(주)
* * 정회원, 한국과학기술원

ABSTRACT This paper proposes an expert system for the selection of the appropriate laser cutting variables from the available database. Optimum cutting conditions were searched and qualitative comments which are hard to choose as database variables were shown using the binary and fuzzy inference.

1 서론

본 논문에서는 레이저 절단용 데이터베이스의 구축하고 데이터베이스를 탐색하여 수치로 표현되는 작업 조건을 제시하며 정성적 추론에 의해 정성적인 작업조건을 제시하여 작업자의 작업을 도울 수 있는 전문가 시스템의 개발에 관해 기술하였다.

2 퍼지 전문가 시스템의 구현

2-1 지식베이스

지식베이스는 어떤 주제에 대한 상세한 지식을 유지하는 데이터 베이스의 발전된 형태이다. 주요한 지식 표현 방법에는 관계형 데이터베이스, 생성규칙, 의미 네트워크, 프레임 구조 등이 있다[1]. 본 논문에서는 관계형 데이터 베이스와 생성 규칙을 이용하여 지식을 표현하였다. 지식 베이스의 변수로는 생산 현장에서 작업자가 제어할 수 있는 정량적인 변수를 선택했고, 사용자가 다룰 수 있는 정성적인 변수는 조언 형태로 제시하였다. 지식 베이스에서 변수로 설정한 레이저 절단 변수는 Fig.1에 있다.

2-2 추론기관

추론 기관은 전문가 시스템의 핵심부로 사람이 문제를 해결하기 위해 취하는 추론과정을 모방한다. 추론 기관은 두가지 일을 한다[2]. 첫째는 작업메모리(working memory)내에 존재하는 사실(fact)와 규칙 베이스(rule base)내의 규칙을 조사하고 필요시 새로운 사실을 추가한다. 둘째는 어떤 규칙들이 어떤 순서로 조사되고 불러내어져야 하는지를 결정한다. 추론 기관의 구성요소는 추론 요소와 제어 요소로 이루어져 있다.

2-2-1 절단 가능 영역 설정 알고리즘

사용자가 선정한 보조가스, 보조가스 압력하에서 레이저 출력과 절단 속도를 변수로 설정

하고 절단 가능 영역을 구했다. 절단 가능 영역은 몇개의 레이저 출력 영역에서 절단 가능 속도를 표시한 그래프로 표시된다.

2-2-2. 속도별 최적 조건 설정 알고리즘

본 논문에서는 몇 단계의 속도영역에서 최적조건을 제시하고 사용자가 절단하고자 하는 절단부의 형상의 복잡한 정도에 따라 절단조건을 선정할수 있게 하였다. 각 속도 영역에서 절단 품질인 피어싱 타임(piercing time), 절단폭(kerf-width), 드로스(Dross), 버닝이 일어나지 않는 최소 예각(no burning edge angle)의 가중치를 준 합이 최소값을 갖는 조건을 최적절단 조건으로 잡았다. 다음은 품질 평가 식이다.

$$Q = \sum_{i=1}^n Wq_i q_i \text{-----}(1)$$

- q_i : 품질 변수
- Wq_i : 품질 변수 q_i 의 가중치
- Q : 품질 평가종합 변수

2-2-3. 정성적 추론

전문가의 지식은 수치적으로 나타낼 수 있는 지식도 있지만 수치적으로 나타내기 곤란한 정성적 지식 또한 존재한다. Table 1에 정성적인 추론을 위해 본 논문에서 사용한 규칙을 나타내었다[3]. 언제 어떤 규칙을 쓸 것인가 하는 문제가 제기되는데 Fig.2에 정성적 추론에서 적용할 규칙을 찾는 방법을 트리(tree) 형태로 나타내었다. 위와 같은 방법에 의해 사용자에게 제시할 규칙을 정했다면 각각의 규칙을 어떤 형태로 표현할 것인가의 문제가 대두된다. 본 논문에서는 if-then 논리에 의한 추론과 퍼지 집합이론을 적용한 추론을 했다. Table 1에 각각의 규칙이 어떤 방법에 의해 추론되는가를 보여준다.

2-3 사용자 인터페이스(User interface)

사용자 인터페이스는 전문가 시스템과 의사소통을 할 수 있는 수단을 제공한다. 사용자 인터페이스는 전문가 시스템과 사용자가 더 편리하게 대화 할 수 있도록 하기 위해 윈도우, 메뉴방식, 그래픽을 지원한다.

3 절단 조건 평가 실험

실험에서는 직선부 절단과 곡각진 부분의 절단을 수행하였다. 연강의 실험 재료로서는 1.6mm 두께의 열연 강판(SHP1), 냉연강판(SCP1)과 SM10C를 사용하였고, 스테인레스강으로는 1mm두께의 STS304를 사용하였다. 직선부 절단에서 측정한 품질 변수는 피어싱 조건, 절단폭(kerf-width)과 드로스(dross)이다. 피어싱 조건은 가장 작은 피어싱이 일어나는 조건을 최적 조건으로 선정했다. 절단폭의 측정은 두개의 광원과 현미경(배율 x20)을 이용

하여 측정하였다. 드로스는 절단부 뒷면에 부착된 산화물의 양을 보고 측정하였다. 드로스 크기는 나안으로 측정하였는데 Fig.3에 측정의 한 예를 보여준다. 폭각진 부분 절단에서는 연소한계 예각(no burning edge angle)을 측정하였다. Fig.4는 연강 CW절단, 연강 펄스 절단, 스테인레스강에서 연소한계예각을 구하기 위해 절단한 시편의 형상을 보여 준다. 측정은 10° 간격으로 이루어졌다.

4 결론 및 고찰

본 논문에서는 전문가 시스템 기법을 이용하여 레이저 절단의 전문가 시스템의 구현하였다. 개발된 전문가 시스템의 특성은 다음과 같다.

- 1) 생산현장에서 작업자가 쉽게 조정할수 있는 절단변수를 지식베이스 변수로 선정했다.
- 2) 속도와 출력에 따른 품질의 변화동향을 보여주어 작업자가 작업조건을 선정하는 기준을 제시했다.
- 3) 데이터 베이스화가 곤란한 정성적인 조건을 제시하고 재료 종류별로 일반적으로 인정되는 절단조건을 제시하여 실험을 보조하고 교육적인 기능을 갖게 했다.

본 시스템을 700W급 이상의 레이저 절단 전문가 시스템에 적용하기 위해서는 몇가지 수정이 필요하다. 이러한 사항들은 사용자가 행하기 곤란한 점이 있다. 향후 프로그램의 개발에서는 이런 사항의 고려가 반드시 필요하리라고 사료된다.

참고 문헌

- 1) Elain Rich, Kevin Knight, "Artificial intelligence", Mcgraw hill, 1991, pp. 105-129
- 2) 서 철웅, "형형압력용기의 치수및 용접 설계를 위한 전문가 시스템의 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 정밀공학과 석사학위 논문, 1992, pp. 4
- 3) 石井 明 and 八木重典, CO₂ 레이저 加工技術, 日刊工業新聞社, 1985, pp. 51-114

Rule	Rule	Applicable material	Rule type
1	Use large diameter nozzle for thick material.	M, S each	Fuzzy
2	Use nozzle-workpiece distance 1-3in.	M & S	If-then
3	As piercing, 200 Hz is recommended as the pulse frequency.	M & S	If-then
4	Lower the assist gas pressure to cut thick mild steel with CO ₂	M	Fuzzy
5	Raise the assist gas pressure one or two to cut thick mild steel with pulse.	S	Fuzzy
6	Set focal point at 1/2 to cut thick mild steel with CO ₂ .	M	Fuzzy
7	Set focal point at 1/2-3/4 in to cut mild steel with pulse.	M	If-then
8	Use 5° fl. lens to cut material of 2in and larger thickness.	M	If-then
9	Use lens between F1 and F2 to cut mild steel with co. F1=(thickness-velocity)*0.5*100 F2=(thickness-velocity)*100	M	If-then
10	Cut with pulse if the working velocity is not exceeding 1 m/min. a. Lower the frequency for thick material. b. Raise the frequency when working velocity is large.	M, S each	If-then
11	Set peak frequency of system various power	M & S	If-then
12	Set pulse duty between 50 and 80 calculated by following rule R1=(thickness-velocity)*0.25*100*(100/mm power) R2=(thickness-velocity)*0.18*100*(100/mm power)	M	If-then
13	The bevel-width become large with increasing peak power when you cut workpiece with pulse.	M & S	If-then
14	Use advanced pulse when to cut stainless steel.	S	If-then
15	The assist gas pressure should be below the working range of lens.	S	If-then
16	If you cut 1.5in and thicker stainless steel with CO ₂ , you would get a much drama.	S	If-then
17	You can reduce drama and BQ2 by using 1/4 or larger as assist gas for stainless steel cutting.	S	If-then
18	Raise the assist gas pressure to cut thick stainless steel.	S	Fuzzy
19	Focal point for stainless steel 2.5° fl. lens { lower side of plate 8° fl. lens { lower side of plate	M S S	If-then

Table 1 Rules used for qualitative comments

(M - mild steel, S - stainless steel)

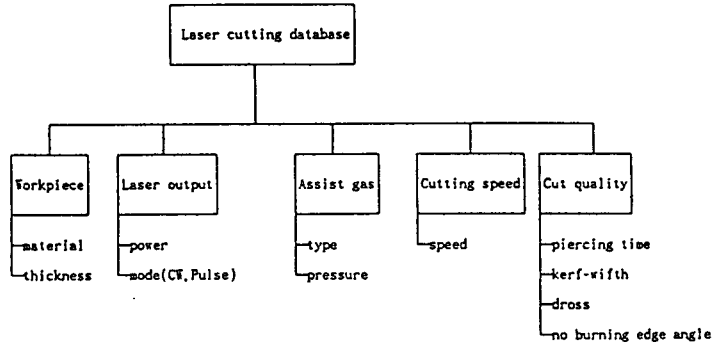


Fig.1 Laser cutting database variables

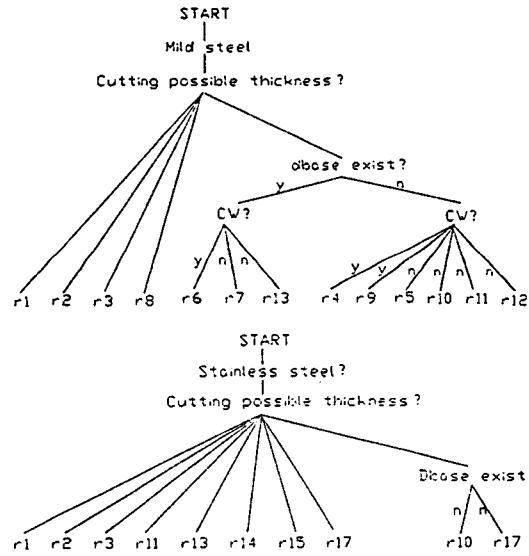


Fig.2 Tree of rules for qualitative comments - mild steel, stainless steel

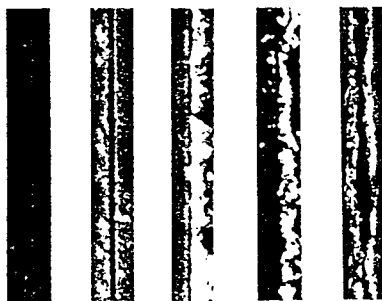


Fig.3 Examples of measure of dross

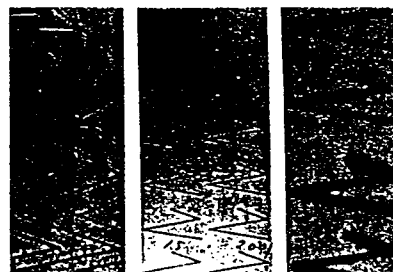


Fig.4 Examples of measure of no burning edge angle