

용융부 형상 판독을 위한 영상처리기법

(A Study on the Image Processing Technique for Measurement of Nugget Geometry)

김 상필*(명지대학교 기계공학과 대학원)
신 현옥(한국 켄트)

S. P. Kim*(Dept. of Mechanical Eng. MyongJi Univ.)
H. U. Shin(Korea-Kent)

최 덕준(생산기술 연구원)

장 희석(명지대학교 기계공학과)

D. J. Choi(KAITECH)

H. S. Chang(Dept. of Mechanical Eng. MyongJi Univ.)

Abstract: The conventional way of molten nugget size measurement in welding process have utilized the metal-microscope by examining the micro sectioned weld specimen after micro-etching procedure. This paper proposes a new method for exact measurement of molten nugget size with the aid of the digital image processing unit and some developed software. This method proved to be convenient and precise in that resulting resolution and accuracy are as good as that of the conventional method.

1. 서론

현재까지 용접질(weld quality) 추정 및 제어 시스템 개발에 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구에서 용접질은 tensile-shear strength와 이에 비례하는 용융부 형상(nugget geometry)인 diameter와 penetration으로 나타나며, 실험결과와 분석을 하기 위하여 용접시편의 파괴검사는 필수적이다. 용접과정에서 얻어진 용융부의 크기 측정에 현재 널리 사용되고 있는 대표적인 측정법은 metal-microscope에 의한 방법⁽¹⁾과 기준자를 붙여 촬영한 slide film을 확대하여 측정하는 방법이 널리 사용되어 왔다. 이 방법은 육안판독 과정이 번거롭고 측정과정에서 개인오차(personal error)가 발생할 가능성이 있으며, etching한 시편의 보존이 어려워진다. 따라서 본 연구에서는 용접과정에서 형성된 용융부 크기의 측정에 정확도 및 직관성을 부여하기 위하여 color CCD camera와 frame grabber board를 사용하여 영상이 지닌 속성(characteristics)인 hue, saturation, intensity 및 filtering 등의 영상처리 기법을 이용하여 더욱 정밀한 측정 범위의 고분해능을 실현하는 한편, HAZ와 nugget 및 base-metal을 명확히 구별할 수 있는 기법을 제시한다. 이것은 곧 용접질 추정 및 용접관련 제어기 개발의 연구에 있어서 기초가 되는 용융부의 diameter와 penetration을 정확히 측정할 수 있는 image processing의 응용방법으로 용융부 파괴검사시 객관적인 검사를 위한 기초연구라고 사료된다.

2. 저항 전 용접의 용융부 형성

산업현장에서 많이 사용되는 저항 점용접은 두 금속판을 겹쳐서 전극사이에 두고 압력을 가하면서 수초동안 수천 암페어의 전류를 가하면 두 금속판 사이에 Joule 열이 발생하여 용융부(nugget)가 형성된다. 용접에서 전극의 형태 및 여러 용접공정변수의 변화에 따라 형성되는 용융부(nugget)의 크기인 diameter와 penetration은 용접질 제어시스템 개발의 기준이다. 본 실험에서 사용된 시편은 용접후 시편 정중앙을 diamond wheel cutter로 절취하고 polishing한후 5% Nital 용액으로 수초간 etching하고 나

서 금속조직별 부식 정도의 차이에 의해 얻어진 시편을 사용하였다. 조명방식은 반사조명법(front lighting method)을 채택하였다. 디지털라이저(Digitizer)는 CCD camera의 analog signal을 digital signal로 바꾸어 computer에 저장할 수 있는 형태로 바꾸는 processor이며, digital 영상입력장치로 표현되는 프레임그래버(Frame Grabber)는 CCD camera로부터 얻은 영상을 원하는 형태의 영상으로 가공하거나 필요한 정보를 추출해내기 위한 장치이며 Data-Translation사의 DT-2871 color frame grabber를 사용하였으며, 데이터의 전송은 30 frame/sec이다.

3. 실험장치 및 측정

본 연구에서 사용되어진 측정장치 및 영상인식과정은 Fig.1에 시스템구성은 Fig.2에 도시되어 있으며 할로겐 램프(Halogen Lamp)부, 영상확대(Macro Lens)부, 영상처리(Image Processing)부, 시편미세이송장치(Calibration Table)부, 화상인식용 소프트웨어 등으로 구성된다.

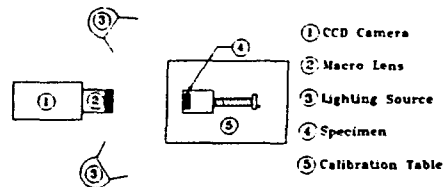


Fig.1 Apparatus for nugget size image capturing

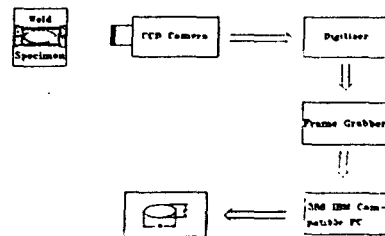


Fig.2 Schematic diagram of nugget size measuring system

4. 영상처리 기법

디지털화된 영상정보가 포함하는 intensity, hue, saturation의 영역을 분할하는 쓰레쉬홀딩 기법⁽¹⁾ (Thresholding Method)은 크게 글로벌 쓰레쉬홀딩(Global Thresholding)과 로컬 쓰레쉬홀딩(Local Thresholding) 그리고 다이나믹 쓰레쉬홀딩(Dynamic Thresholding)으로 구분된다. 본 연구에서 사용한 알고리즘은 Fig.3와 같다.

4.1. 영상분석(Image Analysis)

영상분석(Image Analysis)은 RGB가 HSI로 변환된 이미지에 대한 특정영역(Area of interest) 안에서, 각각의 HSI histogram과 지시막대(Indicator)의 line profile을 구분하여 다이나믹 쓰레쉬홀딩(Dynamic Thresholding) 기법의 HSI 범위 parameter를 변환시켜 해상도(Resolution)를 개선한후 nugget, HAZ, base-metal의 경계부분의 pixel 수를 계산하여 scale conversion factor를 실제단위인 mm로 환산한다. scale conversion factor는 정밀 미세는급자를 촬영하여 계산하였다.

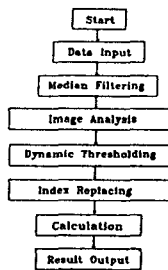


Fig.3 Nugget size determination procedure by image processing

4.2. 경계선검출(Edge Detection)

경계선검출은 영상의 특정영역 안에서 밝기레벨의 급격한 변화가 나타나는 곳에서 가능하며 영상의 전체적인 패턴을 나타낸다. 대표적인 경계선검출(Edge Detection)법⁽³⁾은 화상의 밝기값의 변화량을 이용한 그라디언트 오퍼레이터(Gradient Operator)와 밝기값의 변화량의 2차 미분치를 이용한 라플라시안 오퍼레이터(Laplacian Operator)법이 있다. 본 연구에서는 median-filtering에 의하여 원화상의 잡음을 없앴으며, 다이나믹 쓰레쉬홀딩(Dynamic Thresholding)에 의해 변화된 영상을 얻었으며, 그라디언트 오퍼레이터(Gradient Operator)에 의하여 경계선을 검출하였다.

5. Scale conversion factor

molten nugget size는 변화된 화상속에서 절대수치로의 환산이 필요하며, 이때 scale conversion factor의 결정은 매우 중요하다. 정밀 기준자를 설치하여 각각의 눈금사이의 intensity level의 급격한 변화구간의 pixel 수를 평균하여 종횡비(Asspect Ratio)를 구했으며, 이를 수직 수평방향의 scale conversion factor를 수치화 하였다.

$$S_x(\text{수평성분비}) = 0.0203 \text{ mm/unit}$$

$$S_y(\text{수직성분비}) = 0.0271 \text{ mm/unit}$$

6. 결과 및 고찰

Fig.4의 원화상(original image)은 nugget 및 HAZ와 base-metal의 intensity와 saturation분포의 차이가 크지 않으며 hue의 값이 큰곳에서는 saturation의 분포가 강하여 육안으로 판별이 어려워진다. 따라서 saturation의 변화가 큰영역과 hue의 변화가 큰영역을 Fig.5의 결과처럼 saturation변화가 큰영역을 최소의 값으로, hue의 변화가 큰영역을 최대의 값으로 index를 replace시키면 육안으로 판단하기 쉬운 색상으로 구분되며, 이를 edge detection하면 원하는 영역인 nugget으로 변화된 영상을 얻을 수 있다. 또한 Fig.6의 원화상의 nugget 중앙부위의 HSI분포는 (b)-(d)이며 intensity분포의 변화는 크지않음을 알 수 있다. 따라서 hue 및 saturation의 값을 이용하여 dynamic thresholding method에 의한 index를 replacing하면 Fig.7의 결과를 얻을 수 있으며 역시 육안판독이 가능한 영상을 얻을 수 있어서 정확한 nugget size인 diameter와 penetration의 측정이 가능했다.

7. 결론

본 연구에서 얻어진 영상(Image Data)을 이용하여 이미 분석(image Analysis)을 통한 다이나믹 쓰레쉬홀딩(Dynamic Thresholding)기법을 이용하여 molten nugget size를 정량적으로 정밀측정 하였으며, 측정정밀도는 1/50mm로서 판독에 의한 오차를 줄일 수 있으며 personal computer를 이용한 데이터관리 및 분석이 용이하며, 조명법은 많은 예비실험을 통한 결과 전방45°에서 투여하는 반사조명법(Front Lighting Method)이 선명하며 좋은 영상 대비로 나타났다. 기존의 흑백CCD camera로는 영상의 intensity가 크지 않은 화상에 대한 판독이 불가능한 반면에 color CCD camera를 이용하여 원하는 영상을 얻을 수 있었다. 따라서 본 연구는 각종 용접질감시 시스템개발에 기초가되며 필수적인 단계인 molten nugget size의 측정과정에 근대에 범용화 되고있는 image processing을 훌륭히 활용할 수 있음을 보여주었다.

참고문헌

- [1] Rafael C Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., N.Y.
- [2] Chang H.S., Choi S.G., and Cho H.S., "A Proportional-Integral Controller Compensating Spot Welding Quality due to Electrode Wear, Modeling, Sensing, and Control of Manufacturing Process", PED-Vol. 23/DSC-Vol. 4, ASME., Book No H00370, N.Y., (1986)
- [3] V. Cantoni, V. Di. Gesu, and S. Levaldi, "Image analysis and Processing", Polenum Publishing Corporation., N.Y.
- [4] Adrian Low, "Introductory Computer Vision and Image Processing", McGraw-Hill Book Company.

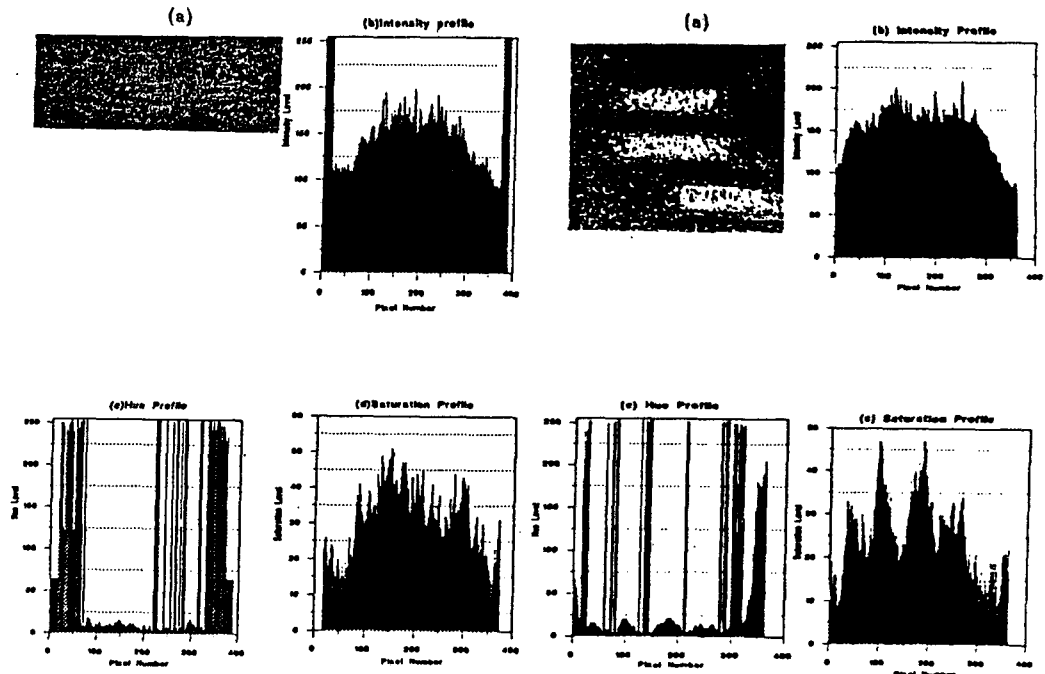


Fig.4 (a) Original image (b)-(d) Line profiles on the nugget

Fig.6 (a) Original image (b)-(d) Line profiles on the nugget

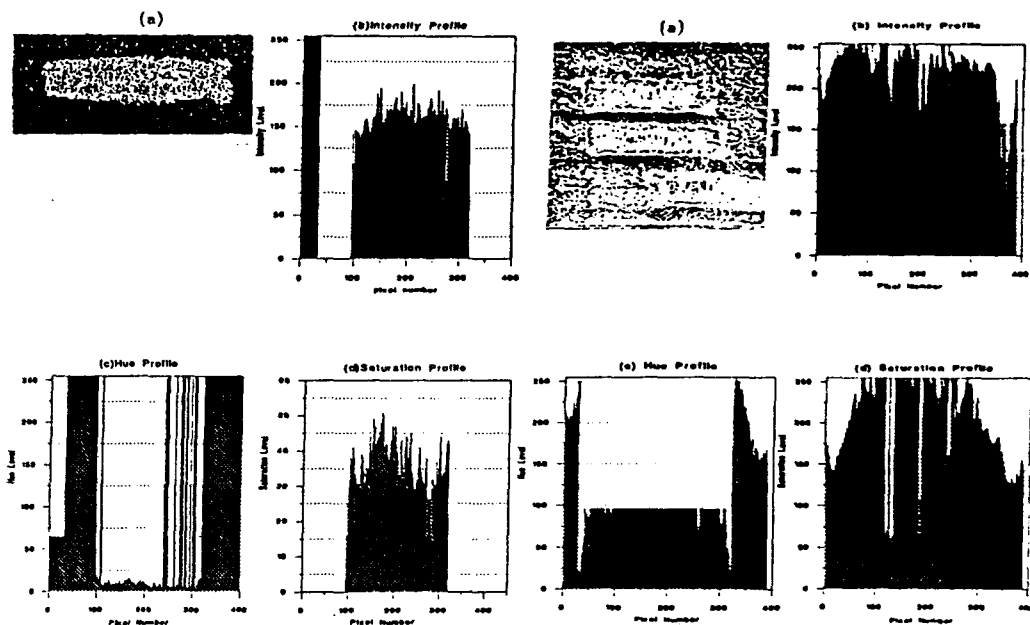


Fig.5 (a) Result of thresholding and edge detection procedure (b)-(d) Transformed line profile

Fig.7 (a) Result of thresholding and index Replacing procedure (b)-(d) Transformed line profiles