

川崎重工業（株） ○ 池澤 行雄、武市 正次
水野 秀明、原田 和男
菊先 貴晶

Development and Application of Penetration Bead Monitoring System

by Yukio Ikezawa, Masatsugu Takeichi, Hideaki Mizuno, Kazuo Harada, Takaaki Kikusaki

1. 緒言

アーク溶接における視覚センサ技術は、レーザセンサによる開先形状の認識や画像処理による溶融池形状計測法など溶接箇所表面側からの監視を中心として研究が進められている。一方、裏波溶接においては、溶接士は十分な裏波を形成しつつ溶落ちの発生を防止するために溶融池表面側の監視だけでなく溶融池裏面側からの赤熱部の監視を行っている。本研究では、この裏波監視作業に対し、CCDカメラを用いて溶接箇所の裏面側より裏波の状態を撮像し、判定するアルゴリズムを開発した。

さらに、船用ディーゼルエンジン用大型歯車のリムとスポークとの初層裏波 TIG 溶接を対象として監視システムを開発し、溶接条件を適正化する作業の脱技能化、および 473K の予熱環境下で溶接箇所を裏面側より監視する作業の排除と省人化を達成するとともに開発したシステムの有効性を検証した。

2. 判定原理

本施工対象の裏波形成時における特徴として以下の事柄が挙げられる。

- ① 安定して裏波を形成させるために溶接電流にパルスが印加されており、裏波が良好に形成されている状態では溶融池中心部が周期的に上下動する現象が確認されている。
- ② 溶落ち発生の要因である入熱量の判定には赤熱部の寸法計測が有効である。

以上のことから、裏波の形成状態を認識するため Fig.1 に示すように溶接線の斜め下方に備付けられた CCD カメラを用いて赤熱部の撮像を行い、得られた裏波画像に対して画像処理を施し、画像上の赤熱部最下点位置 P_L 、赤熱部の幅 P_w を求め、これらから以下の 2 つの値を定義した。

$$P_1 = (P_L \text{の移動平均値}) - (P_L \text{の現在値})$$

$$P_2 = P_w \text{の移動平均値}$$

これら 2 つの値をパラメータとして裏波形成状態の判別を行う。

3. システム構成

本監視装置のシステムは、裏波撮像用の CCD カメラ、画像処理と裏波の形成状態の判定を行うボードコンピュータ、溶接士に裏波形成状態を知らせる表示灯から構成されており、Fig.2 に装置外観写真を示す。CCD カメラには赤熱部の輪郭線を鮮明に映し出すため ND フィルタを装着した。

4. 実製品への適用

まず、裏波を CCD カメラで撮像し、裏波形成状態を判別する 2 つのパラメータを算出する実験を行った。結果を Fig.3 に示す。裏波が良好に形成されている場合（領域 B）では赤熱部の幅ならびに赤熱部最下点の偏差量も安定している。一方、裏波が過小な場合（領域 A）では赤熱部が狭く、赤熱部最下点偏差量が少なく、裏波が過大な場合（領域 C）では赤熱部の幅および偏差量が大きく溶落ちが発生しやすいことを示している。

本実験の結果を踏まえ、船用ディーゼルエンジン用大型歯車のリムとスポークとの初層裏波 TIG 溶接施工に対し、今回開発した監視装置を適用し、装置の有効性の検証を行った。Fig.4 に溶接位置の断

面図、Table 1 に溶接条件を示す。本システム適用の結果、裏波監視装置が裏波形成状態を判定し、溶接士が表示灯の確認を行いながら溶接速度と電極の高さの調節することにより、歯車内部の溶接士による裏波監視作業が不要となり、1名の省人化を実現した。

5. 結言

CCDカメラを用いて裏波ビード形成状態を監視するアルゴリズムを確立することができた。さらに、本アルゴリズムをシステムに組み込み、実製品施工へ適用し監視装置の有効性を検証するとともに、予熱環境下での監視作業における省人化を達成した。

今後は、監視装置より得られた判定情報を溶込み制御へフィードバックし、更なる溶接の自動化を行う予定である。

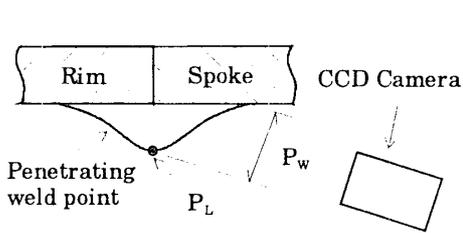


Fig.1 Measured values

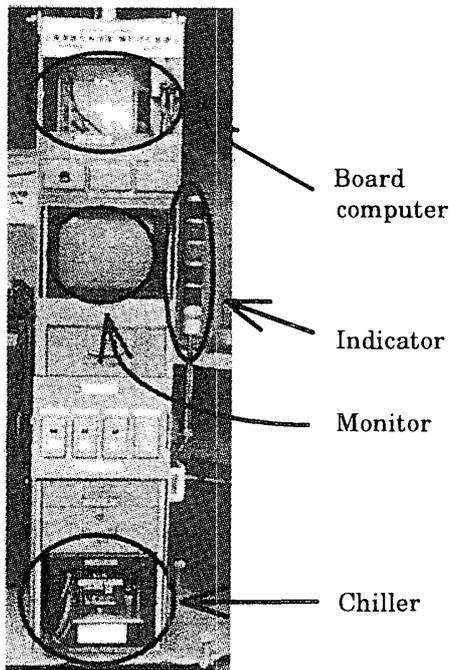


Fig.2 Appearance of the system

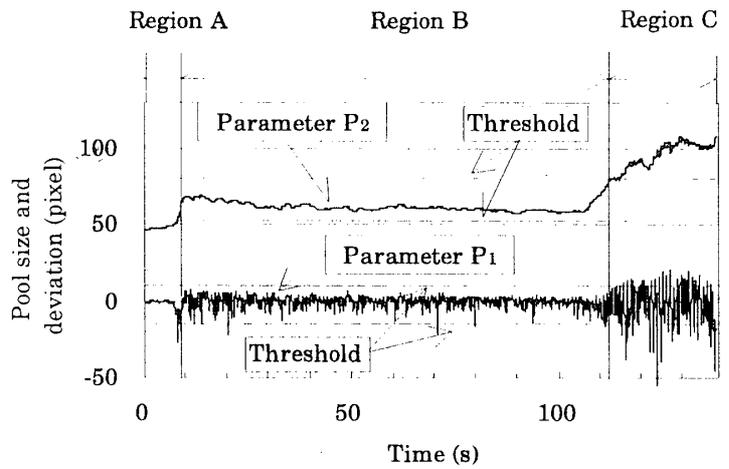


Fig.3 Results of experiment

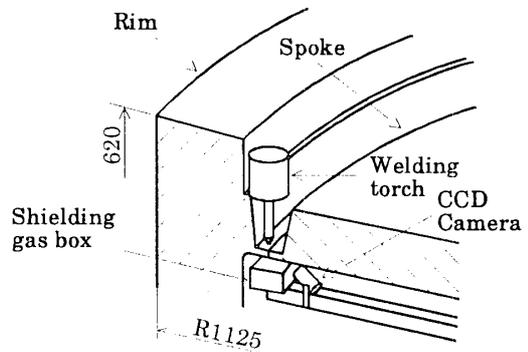


Fig.4 Cross section of weld point

Table 1 Welding conditions

Base metal	Rim:SNCM630 / Spoke:SM400
Welding current	Base:240A / Peak:320A
Welding voltage	11V
Pulse duty	Base:0.5sec / Peak:0.25sec
Welding speed	80mm/min
Preheat temperature	473K
Shielding gas	Ar 100%