

ロボット溶接時の不良発生監視技術の検討

生産技術部 ○瀬戸口正和，堀之内悠介*
(現 *産業立地課)

1. はじめに

建築用鉄骨や大型構造物等の製造に使用されているロボット溶接で溶接欠陥を確認した場合は、不良部の除去及び補修作業により、生産効率の低下や経費増大及び納期遅れ等が生じる。そこで、本研究では、溶接欠陥であるピット（溶接部の表面まで達する開口した気孔）を対象に、安定した条件下での溶接において、リアルタイムで溶接欠陥を早期に発見するための監視技術について検討し、不良発生監視用として、良否判断の基礎となる有効なデータが得られたので報告する。

2. 実験方法

表 1 溶接条件

溶接条件を表 1 に示す。溶接実験は、炭酸ガス半自動溶接機（(株)ダイヘン社製 DM-350）にて、溶接ワイヤは、厚板や高電流による高能率化のためにロボット溶接で多用されている YGW11（標準電流：220～350A）を使用した。溶接

供試材	板厚 9mm の SS400
シールドガス	炭酸ガス（あり、なし）
ガス流量	20 L / 分，0 L / 分
使用ワイヤ	YGW11（JIS Z 3312）
溶接電流 (A)	200, 250, 280
溶接電圧 (V)	電源制御により溶接電流に応じた一元調整（自動） (21～30)

その他の共通条件

- ・溶接速度：30cm/min
- ・溶接方向：前進法
- ・トーチ角度：70度
- ・電極－母材間距離：15mm
- ・板の状態：拘束なし

は、中電流域も加味して、母材表面に行う 1 パスのビード（接合面にできた溶接金属）を直線状に置く技法で行った。今回の監視対象であるピットの発生原因として、シールド不良，母材の表面性状等があるが、発生するタイミングが不明で突発的なため、確実に溶接欠陥を発生させるように、全溶接部をシールドガスなしの状態で行い、良否判断の基礎データとして、溶接電流及び溶接電圧の取得を行った。同一条件でシールドガスありの状態でも良好な溶接を行い、両者の違いについて比較検討した。

3. 結果

炭酸ガス半自動溶接は、ワイヤが熱で溶融し、粒滴となって母材へ移行することで接合される。その際、溶接電流が 200A より高くなるとグローブール移行¹⁾（図 1：ワイヤ電極の径より大きな径の溶滴が移行する形態であり、ワイヤと母材は短絡しない）となり、溶接電流が 200A より低くなると短絡移行²⁾（図 2：溶融ワイヤ先端が母材と短絡して移行する形態）と異なった移行形態で溶滴移行することから、図に示すとおり溶接電流や溶接電圧はリアルタイムで変動している。今回の溶接条件では、溶滴移行は 0.05～0.005 秒間隔での繰返しや、スパッタ（溶接中に飛散し、付着した金属粒）は 0.001 秒程度で発生・飛散していると推測される。これらの瞬間的なデータを取得するために、計測間隔（0.0005 秒）で取得した溶接電圧，溶接電流のデータを一定の間隔毎に集計し、平均化して解析を行った。

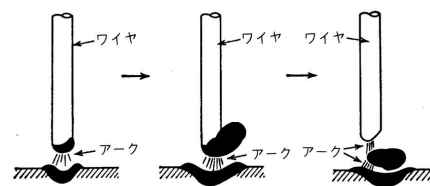


図 1 グロブール移行

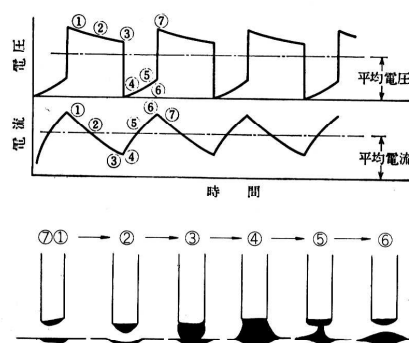


図 2 短絡移行

溶接の品質に大きく影響する溶接電流及び溶接電圧は、溶込みや溶着量の目安となる入熱（溶接部に与えられた熱量）で管理できる。入熱は、 $\text{入熱 (J/cm)} = 60 \times \text{溶接電流 (A)} \times \text{溶接電圧 (V)} / \text{溶接速度 (cm/min)}$ である。そこで、入熱の変動データ数が全データ数に占める割合を算出した。良好な溶接における溶滴移行の影響を受けない集計間隔0.05秒での上下の変動率を参考にしきい値として、基準値（平均値）に対する80～120%の範囲内を適正範囲データの割合とした。表2に変動データの区分例を示す。

表2 変動データの区分例

良好な溶接でのデータ 区分	基準値 (例)	適正範囲データ
		基準値の80～120%の範囲
溶接電流	200A	160～240A
溶接電圧	21V	16.8～25.2V
入熱	8,400J/cm	6,720～10,080J/cm

図3に集計間隔の違いでの入熱が適正な割合を示す。良好な溶接の場合（図中の凡例ではOKと記載）、集計間隔1～0.05秒までは、全ての溶接電流で適正な割合となり、集計間隔0.01秒以下では集計間隔が短く、かつ溶接電流が低くなるほど適正な割合が減少した。これは集計間隔1～0.05秒までは、溶滴移行の影響を受けないが、集計間隔0.01秒以下では溶滴移行が影響していると考えられる。欠陥が発生する溶接の場合（図中の凡例ではNGと記載）、溶接電流280A及び250Aでは、割合に違いがあるものの集計間隔の違いに関係なく適正な割合が20～60%程度であった。これは溶滴移行の影響よりもシールド不良によるアークの乱れや多数のスパッタの発生による影響で溶接電流及び溶接電圧ともに短い間隔で変動回数が多く、変動振幅も大きく、不定期に急激な異常低下と不安定な状態であることから平均化したデータのためと考えられる。溶接電流200Aでは、集計間隔1～0.5秒で全て適正な割合となるが集計間隔0.1秒から集計間隔が短くなるほど適正な割合が減少し、集計間隔に違いがあるものの良好な溶接と同様の傾向となった。これは短絡移行で移行間隔が短く、中電流域であることから、シールド不良によるアークの乱れやスパッタの発生及び溶滴移行の影響と考えられる。結果として、グローブ移行となる溶接電流250A以上は、集計間隔1～0.05秒で、短絡移行となる溶接電流200Aでは、集計間隔0.05秒で良否判断できる可能性がある。

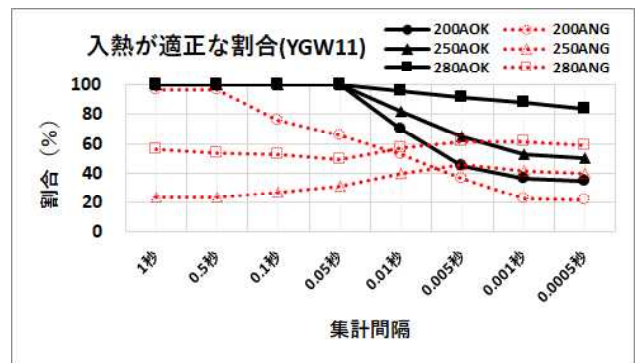


図3 集計間隔の違いでの入熱が適正な割合

4. おわりに

今回の実験は、確実に溶接欠陥を発生させてデータ取得を行った。実際の溶接作業は、長時間行われ、溶接欠陥の発生するタイミングが不明である。そこで、取得した溶接電流及び溶接電圧のデータの保存とデータ処理を続け、本研究で得られた良否判断基準を参考に溶接欠陥が発生したと判断されたときに、溶接作業の中止や異常信号の発生等をさせたり、取得したデータ及び処理データを保存することで後から溶接箇所を修正する際に簡易に溶接不良箇所を発見できると考える。

参考文献

- 1), 2) 現代溶接技術体系<第37巻>：“やさしいサブマージアーク溶接・炭酸ガスアーク溶接”
産報出版(1980)p. 174-178