

自動溶接装置の選定と利用

乾式貯蔵用使用済み燃料キャニスターを密封するための自動溶接装置に関するある電力会社の経験

マリオ・レント (Mario Lento)

使用済み燃料の乾式貯蔵用キャニスターを密封するには、キャニスターの蓋とキー溝を正確、確実、かつ効率的に溶接するとともに作業員の被ばくを最小限に抑える溶接装置が必要である。米国のある原子力発電会社は、独自の溶接装置を製作し、1990年代にこの課題を克服した。この溶接装置は、10年以上にわたり運転が行われ、数十本以上のキャニスターの溶接をこなし、この運転会社の需要には十分応えてきた。しかし、2000年には交換部品を探すのが非常に困難になったり、入手に費用がかかるようになったりした。同電力会社は、独自の溶接機を取り替え、作業効率を高めるためにオートメーション産業界の著しい技術進歩を採り入れる時期にあることを痛感した。

同電力会社の専門家チームは、どのような種類の装置が要求を最も満足させてくれるのかを判断するために、頻繁に各溶接機メーカーとの面談や、溶接機を使っている他の発電所の視察を行った。最終的にはバークレー・プロセス・コントロール社の高度自動化溶接装置 (AWS) を導入することを決定した。

問題の核心

AWSの心臓部には、同社の柔軟な既製の64ビットRISC動作/装置コントローラの1つが採用されている。AWSでは、このコントローラを用いてワイ

ヤ送給、トーチヘッドの位置決め、電圧および電流の出力、すべてのプロセス・パラメータのスケジューリングを正確に管理している。AWSコントローラは、複数の種々のプロセッサで構成される他の溶接装置と異なり、溶接装置の統一された1つのコントローラエレメントで構成される。溶接スタートシーケンス、ワイヤ送給スケジュール (送給遅れスタート、停止、送給遅れ、巻き返し時間、一次・二次速度、負荷周期、発振または電流同期)、振動 (偏位時間、休止 (ドエル)、幅、電流同期) などのユーザ定義のパラメータ (プレパージ時間、現行のランプアップとランプダウン、ポストパージ時間を含む) がすべて正確に制御、同期され、オペレーターの疲労を最小限にしながら最適な溶接品質、およびキャニスター間の繰り返し再現性を実現している。

AWSのガスタングステン・アークトーチ・ヘッドにより、外径から内径への溶接に至る複雑な移動経路が指定される。AWSオペレーターは、溶接経路に沿った移動量を定義する。AWSは、コントローラが同時にトーチヘッドの正確な位置をたどるので、完璧かつ効率的に移動溶接を行い、同様に、キャニスター上をベースとするトーチヘッドへ一次電流およびバックグラウンド電流をパルス供給することができる。オペレーターは、所望の溶込みとなるようにAWSを設定する。アーク電圧は、リアルタイムのプロセス・フィードバック値に応じてトーチ先端の高さを調節、維持する。このような方法でオペ

レーターは、設定法に従ってキャニスターへの熱供給を制御することにより、高品質の溶接を繰り返し実現することができる。また、オペレーターは、AWSがすべての溶接パラメータを同時かつ厳密に調節しながら、フライ上の溶接経路を補正することができる。

ソフトウェアの制御

他の溶接装置の幾つかは、パソコン（PC）を用いた各サブシステムの制御を行っている。これらのケースでは、PCにインストールした独自のコンポーネントセットを定義するための複雑なカスタムソフトウェアが必要となる。このソフトウェアは、それだけで独自のコントロールシステムとなり、システムの何らかの変更には、新規の制御コードの作成が求められる。交換部品はすべて最初の部品と同一でなければならない。この場合、電力会社は既に経験済みであるが、価格とは関係なくこの種の旧式の部品を見つけることは難しいことが多い。

一方、AWSの単一統合制御アーキテクチャにより、すべての動作軸、出入力、スケジューリング、論理制御が管理されている。したがって、AWSは新しいソフトウェアを開発せずに維持や更新が容易である。

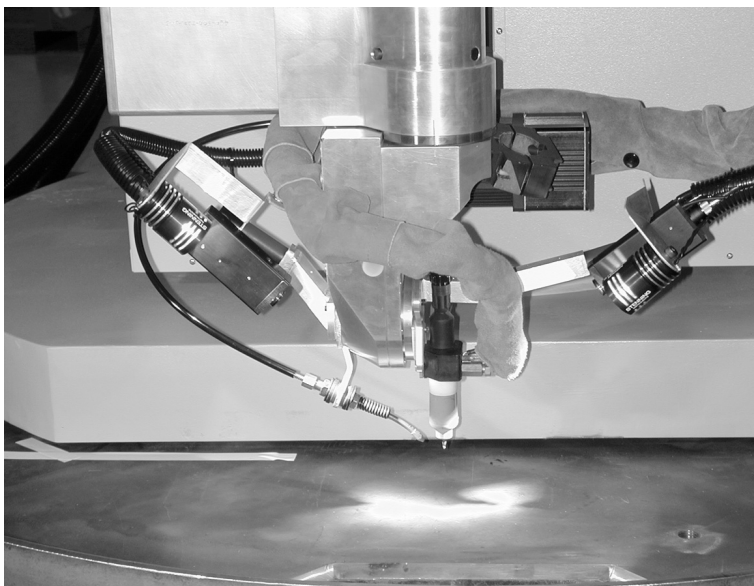
溶接機のティーチング

溶接機がキャニスターの中心に正確かつ確実に位置しなければならない一部の競合装置と異なり、AWSでは溶接機が中心から数インチの範囲内にあればよい。リモートクレーンが位置決めを行うので、被ばく時間のみならず溶接室内の滞在時間も最小限の時間ですむ。このよう概略位置決めに対応できるように、AWSはキャニスターに対するトーチヘッドの位置を正確に「学ぶ」ティーチング・ユーティリティを備えており、溶接前の遠隔補正はわずか1回で完了する。この遠隔補正に要する時間もわずか数分である。

AWSティーチングプロセスは、オペレーターが溶接プロセスを開始するまでに溶接しなければならない正確な経路を探索する際の支援を行う。AWSでは、ティーチングを補助するため、円周上のティーチングポイント8点とキー溝のティー

チングポイント3点を経由しながら進行する。操作卓（コンソール）の前後表示（フロント/リア・ビュー）ビデオ・モニターを使って、オペレーターは、これらのティーチポイントを確認することで、AWSが次のポイントまで移動できるようになるまで正確に各ポイントに狙いを定めることができる。その後、AWSは、キャニスターを密封するのに最適な溶接経路を指定するため、測定における人為的誤差や真円ではないキャニスターの蓋に対する補正を含め、中間に位置するすべてのポイントを計算している。特段の指定がなければ、溶接の品質を一定化するため、自動連続による溶接部の連結作業を行う。

溶接プロセスで発生する熱により、キャニスターの形状が若干変形するので、AWSオペレーターは、溶接中、必要に応じてトーチヘッドの位置を微妙に



AWSガスタングステン・アークトーチ・ヘッド。カメラ2台と照明装置1台により溶接パドル、トーチ先端、溶接シーム、溶接ワイヤ送給パドルを遠隔から監視することができる。



AWSトーチヘッドと照明装置

遠隔調整することもある。「溶接機が適正に学んでいれば、基本的には現場に座って見守っているだけでよい」と、発電所の経験豊富なAWSオペレーターの1人は指摘している。

人員配置の必要性

現在の競合商用溶接装置の一部にもあてはまることだが、発電所の旧来の独自開発溶接装置では各キャニスターは溶接を行うオペレーターとシステム技師の他に作業員を4人必要とする。

キャニスターの最終的な溶接結果は、作業員の溶接技術に大きく依存している。しかし、現場実績の豊富なAWSの場合には、溶接する際には経験豊富な溶接工1名と補助員1名だけでよい。この場合、電力会社は、1直ごとに2組のAWSオペレーターを2時間交代で作業に従事させることにした。AWSが溶接経路を指定する場合には、オペレーターは入力作業をほとんど要求されなかった。パークレー社のコントローラでは、64ビット処理速度で直径6フィート（180cm）の使用済み燃料キャニスターの溶接全体に対するすべての値とパラメータを、15桁の精度で維持および制御が可能である。

2000年のAWSを初めて使用する前に、発電所のAWSオペレーター4名に対する、AWS手順の学習、および発電所で使われているキャニスターの原寸模型で溶接訓練を1週間にわたって本社にて行った。オペレーターらは発電所に戻ったが、同社の新型溶

接装置に対する使用前操作手順では、ほとんど変更が必要ではなかった。

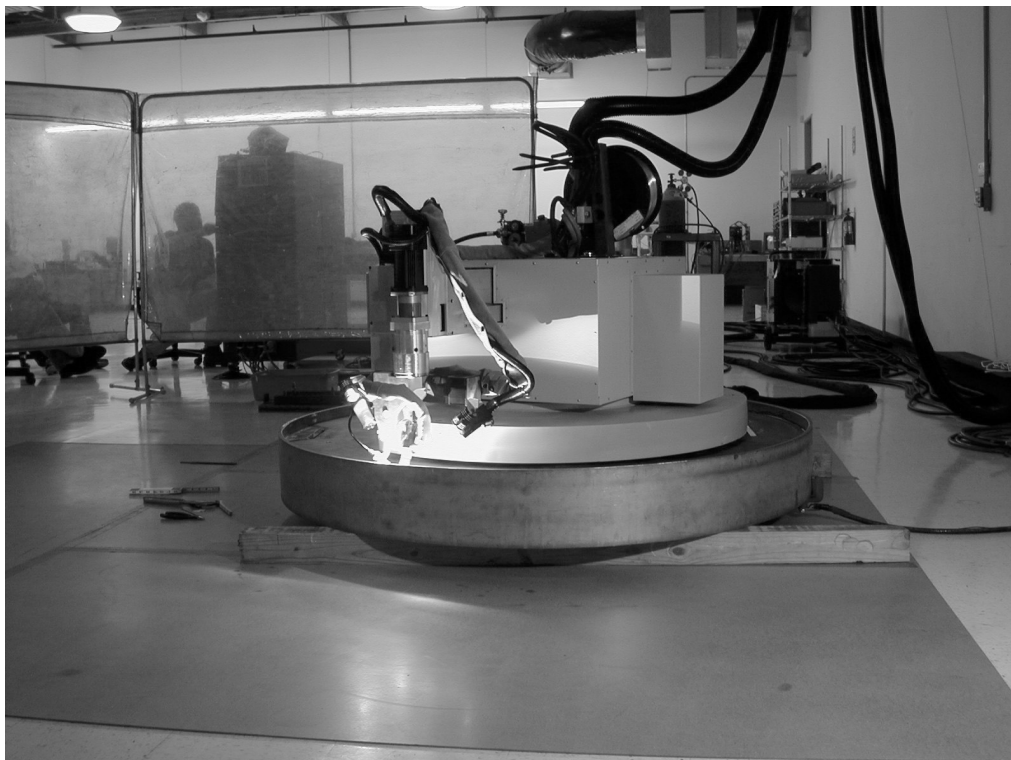
発電所の経験

その後、発電所ではAWSを用いたキャニスター10本の密封作業を行った。発電所の推定によると、これらのキャニスターの密封過程で、溶接作業中の従業員の被ばくは計300ミリレム削減されたという。このように職業被ばく線量が約50%削減された理由としては、主として溶接装置をキャニスターへ位置づけ、固定するためにオペレーターが溶接室に滞在しなければならない時間が短縮されるためである。溶接作業は、キャニスターから100フィート（30メートル）離れたところでオペレーターにより行なわれ、溶接自体に要する時間は、従来の装置よりもキャニスター1本につき10時間ほど短縮されている。

内カバー、外カバー、技量認定溶接向けのあらかじめ設定された操作に加え、AWSの極めて高い信頼性により、溶接を常に遠隔操作により行うことで従業員への被ばく線量が削減され、発電所としての機能が改善された。

さらに発電所では、AWSを採用することで、予備部品コストがかなり削減できることも明らかとなった。ある競合発電所が溶接機の予備部品在庫として9万ドル近くのコストを推奨しているが、AWSメーカーが推奨する手持ちの予備部品コストは2,000ドル以下である。このような部品コスト削減

が実現できる最大の理由は、AWSのコントローラが1つしかないため、競合溶接装置よりも電気機械設計を単純化できる点にある。さらに、AWSの部品および備品の調達も、発電所で用いている従来型の溶接装置よりも非常に容易である。溶接備品のすべては、溶接やソフトウェア、ハード部品・修理関係の多数の供給メーカーに依存することなく、地元溶接供給業者から調達できるとともに、その他の部品やソフトウェアのサポートは



ランチョ・セコ(Rancho Seco)施設でのデモンストレーションにおけるAWS溶接作業中のモックアップキャニスタ。オペレーターは溶接作業のためにキャニスタの見える所にいる必要はない。

すべてバークレー社から受けている。

発電所は、AWSを採用することで成功を収めるとともに、従業員の安全性の向上、異例の信頼性確保、生産性の向上、予備部品の経費削減、部品や修理調達の簡素化を体験できたことから、各担当者は、新規の使用済み燃料キャニスター溶接装置の設置を検討している姉妹施設に対してもAWSの採用を勧めるようになった。そして、これらの姉妹施設でも、競合評価と入札を経て、AWSの導入を決定した。

マリオ・レント氏は、バークレー・プロセス・コントロール社に7年間勤務しており、最近では、製品スペシャリストの肩書きを得ている。問い合わせは、510/307-3346またはmario@berkeleyprocess.comへ。