電子ビーム溶接による RPV 監視試験片再生技術の開発

Development of reconstitution technology for RPV surveillance test specimen with electron beam welding

*櫻谷　誠司[1]，橘内　裕寿[1]，越石　正人[1]，森島　康雄[2]，豊田　哲也[3]
[1]日本核燃料開発，[2]東芝，[3]日立 GE ニュークリア・エナジー

運転期間延長認可制度の制定に伴い不足する原子炉圧力容器(RPV)監視試験片数を確保するために、試験済み監視試験片を対象とした電子ビーム溶接による監視試験片再生技術を確立することを目的として、JEAC4201-2007 [1] に求められている接合方法の確認試験を行った。その結果、電子ビーム溶接による試験片再生はシャルピー衝撃試験片の接合方法に適用可能であることを確認した。

キーワード：原子炉圧力容器、電子ビーム溶接、試験片再生、シャルピー衝撃試験、低合金鋼

1. 緒言

原子力発電プラントでは RPV の健全性を確認するために定期的に監視試験としてシャルピー衝撃試験が実施されているが、運転期間の延長申請を行う場合、従来分に追加して 2 回分の監視試験が求められている。不足する監視試験片は試験済みシャルピー衝撃試験片の一部を利用して新たな試験片を製作(再生)することで確保する計画である。試験片の再生方法として、接合部の信頼性が高く熱影響部幅が小さく、簡便な試験片接合方法であることから、海外では電子ビーム溶接による試験片の再生が実施されている。そこで、本研究ではホットセル内に設置可能な小型電子ビーム溶接機を導入し、電子ビーム溶接の監視試験への適用性を確認した。

2. 試験方法

狭い熱影響部幅でシャルピー衝撃試験片を再生することを目的に、溶接条件であるフォーカス電流およびビーム電流をパラメータとして、電子ビーム溶接を用いてシャルピー衝撃試験片を再生する際に十分な溶け込み深さを確保しつつ熱影響部幅が小さい溶接条件を選定した。選定した溶接条件で再生した試験片を用いてシャルピー衝撃試験を実施した。

3. 検討結果および試験結果

フォーカス電流については熱影響部幅が最小となる値を選定した。ビーム電流については 25～35 mA の範囲で検討し、いずれのビーム電流においても溶け込み深さは 5 mm 以上を確保できた。ビーム電流 35 mA では、30 mA 以下の条件に比べて熱影響部幅が増加した。ビーム出力の増大に伴って入熱効率は上昇するため [2]、入熱量が熱影響部幅の増加に影響したと推察される。これらの結果を基に、シャルピー衝撃試験片厚さ 10 mm に対して、試験片表面からと裏面からの溶け込みが試験片中央近傍で重なり未接合領域がなく、熱影響部幅が小さくなる溶接条件を選定した。選定した溶接条件で再生したシャルピー衝撃試験片の接合部の断面観察結果を図 1 に示す。接合部に欠陥は認められなかった。また、試験片高さ t に対して 1/4t、1/2t、3/4t の位置での熱影響部幅を平均すると 0.8 mm であり、JEAC4201-2007 にて標準接合方法として規定されている表面活性化接合法の標準再生条件で再生した場合の 1.2 mm よりも小さかった。図 2 に上部棚領域でシャルピー衝撃試験を実施した試験片の外観を示す。再生した試験片は接合部からの破壊や変形はなく、十分な接合強度を有していた。以上から、電子ビーム溶接は JEAC4201-2007 に記載されているシャルピー衝撃試験片の接合方法に適用可能であることを確認した。

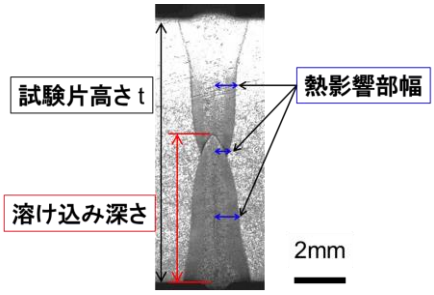

図 1　接合部の断面観察結果

図 2 試験後の試験片外観写真

参考文献：[1]　原子炉構造材の監視試験方法　JEAC 4201-2007、[2]　溶接・接合プロセスの基礎　黄地 尚義　産報出版（1996）

*Seiji Sakuraya[1], Yuji Kitsunai[1], Masato Koshiishi[1], Yasuo Morishima[2] and Tetsuya Toyota[3]
[1]Nippon Nuclear Fuel Development Co.,LTD. , [2]Toshiba Corporation, [3]Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.