

「渦電流探傷試験、超音波探傷試験及び漏えい率試験に係る  
日本電気協会の規格の技術評価に関する検討チーム 第3回会合における  
日本電気協会への説明依頼事項」に対する回答(JEAG4217-2018)

令和3年1月13日  
(一社)日本電気協会  
原子力規格委員会

標記につきましては、以下の通り回答いたします。

○説明依頼事項

1. JEAG4217-2018 「原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針」に関する  
説明依頼質問

- 1) 資料2-1(1)「表1 試験マトリックス」には、実機ノズル形状の試験について、深さ1.0mm、長さ11.8mmの人工欠陥の試験がされています。実機ノズル形状の長さの適用可能な範囲を説明してください。
- 2) 資料2-1(2)(b)には、放射線によるノイズが検出結果に与える影響に関して、「高シールドケーブルやプリアンプ(中間増幅器)の使用によりSN比を確保することが可能」とあります。SN比を確保した事例を提示してください。
- 3) 資料2-1(3)(b)には「EJAMに示す電力共研の試験体は、材質、製造加工方法及び熱処理を実機と同等とした。実機適用においても、同様の考え方で対比試験片は準備する」とあります。具体的にどのような材質、製造加工方法及び熱処理かについて、試験体と実機との比較を示してください。
- 4) 資料2-1(3)(b)には「「信号の分類」のうち欠陥以外の信号の特性を比較することで照射効果の影響の有無は確認できると考えます」とあります。何を評価すると何が分かるのか、その根拠は何かについて説明してください。
- 5) 資料2-1(3)(c)には、人工欠陥寸法について「非磁性体と同じ仕様の人工欠陥を採用しています」とあり、図面には幅目標が「0.3(最大0.5)」mmとされています。人工欠陥の幅の実測値を提示してください。また、「2320対比試験片」(5)において、人工欠陥の幅を0.3mm±0.05mmとしていることとの関係を説明してください。

6) 低合金鋼への磁気飽和の適用性について説明してください。説明には、磁気飽和の必要性についても含んでください。

○回答

1) 資料2-1(1)「表1 試験マトリックス」には、実機ノズル形状の試験について、深さ 1.0mm、長さ 11.8mm の人工欠陥の試験がされています。実機ノズル形状の長さの適用可能な範囲を説明してください。

回答 1)

資料2-1(1)「表1 試験マトリックス」において、平板試験体および2次元押出R形状試験体を用いて、深さと長さに対する検出性確認試験は実施しました。全ての欠陥において、検出できることを確認しました。

実機ノズル形状試験体での確認項目は、ノズルコーナー形状(3次元的な変化を有する)による測定への影響と欠陥検出性でした。そこで、代表である深さ 1.0mm、長さ 11.8mm で実施し、欠陥検出性に影響を及ぼす因子は抽出されず、平板試験体および2次元押出R形状試験体と同等の振幅、位相特性を得られました。そのため、実機ノズル形状においても、平板試験体および2次元押出R形状試験体で確認した長さ範囲で適用できると考えます。

2) 資料2-1(2)(b)には、放射線によるノイズが検出結果に与える影響に関して、「高シールドケーブルやプリアンプ(中間増幅器)の使用によりSN比を確保することが可能」とあります。SN比を確保した事例を提示してください。

回答 2)

実績調査の結果、実機探傷を実施した PWR 原子炉容器出入口管台及び蒸気発生器出入口管台のセーフエンド溶接部等の ECT で使用したプローブに、プリアンプ並びに高シールドケーブルを採用した実績はありませんでした。

下図に原子炉容器出入口管台セーフエンド溶接部に適用した ECT プローブのケーブル断面図を示します。高シールドケーブルではありませんが、一般的なシールドを施した同軸ケーブルであり、本ケーブルを用いたプローブでの探傷で放射線によるノイズは認められていません。

現状では実績がありませんが、今後の ECT の適用範囲の拡大に伴い、放射線ノイズの影響が無視できない検査箇所が出てきた場合には、高シールドケーブルやプリアンプが有効な対策になると考えます。

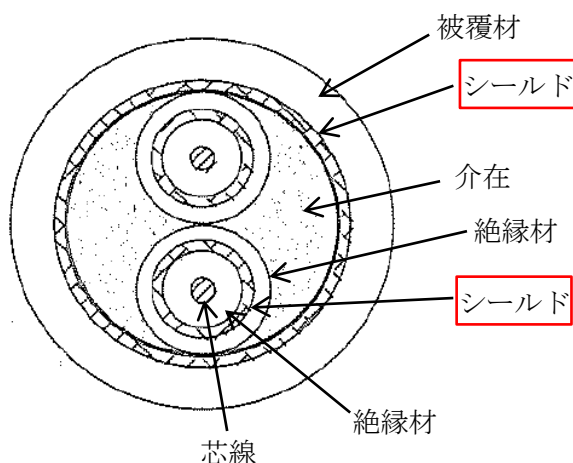


図1 PWR 原子炉容器出入口セーフエンド溶接部用 ECT ケーブル断面

3) 資料2-1(3)(b)には「EJAMに示す電力共研の試験体は、材質、製造加工方法及び熱処理を実機と同等とした。実機適用においても、同様の考え方で対比試験片は準備する」とあります。具体的にどのような材質、製造加工方法及び熱処理かについて、試験体と実機との比較を示してください。

回答 3)

実機材と電力共研試験体における材質、製造加工方法及び熱処理の状況を下表で示します。実機材の材料、製造加工方法に関しては、電力共研報告書「原子炉圧力容器の給水ノズルコーナーに対する検査および評価技術開発(平成27年度)」の「表4.1.1(3)ノズルコーナー部実機プラント特徴調査結果」に記しております。熱処理については、JIS G 3204「圧力容器用調質型合金鋼鍛鋼品」に記されております。これらに従って、電力共研の試験体は製作しております。

なお、実機材で部材取付に際し実施している焼鈍は、電力共研試験体では実施しておりません。一般に、焼鈍によって磁氣的性質が改善され透磁率のばらつきは低減されます。このため、透磁率のばらつきによるノイズの観点では、電力共研試験体は実機材より厳しい条件にあるといえますが、電力共研の試験では検出性に影響があるノイズは確認されませんでした。従いまして、実機材及び電力共研試験体における焼鈍実施の有無は影響ないと考えます。

表1 実機材と電力共研試験体における材料、製造加工方法および熱処理の状況

項目	実機材	電力共研での試験体
材料	SFVQ1A あるいは 2A 材	同左
製造加工方法	機械加工、グラインダ加工	同左
熱処理方法	焼き入れ焼き戻し	同左
	焼鈍	未実施

4) 資料2-1(3)(b)には「信号の分類」のうち欠陥以外の信号の特性を比較することで照射効果の影響の有無は確認できると考えます」とあります。何を評価すると何が分かるのか、その根拠は何かについて説明してください。

回答 4)

一例として、リフトオフ信号を用いた照射効果の有無に対する確認方法を図を用いて説明します。リフトオフ信号は、プローブと試験部材の距離が離れることにより、信号振幅、位相が変化します。信号振幅と位相変化の挙動は、試験部材の導電率と比透磁率により定まります。照射効果により電磁気特性が著しく変化している場合には信号振幅の低下および位相変化は大きく変化します。従って、対比試験体と実プラントの代表部位でのリフトオフ信号の挙動を比較し、信号が変化する傾向を評価することで、照射効果の影響の有無を確認できます。

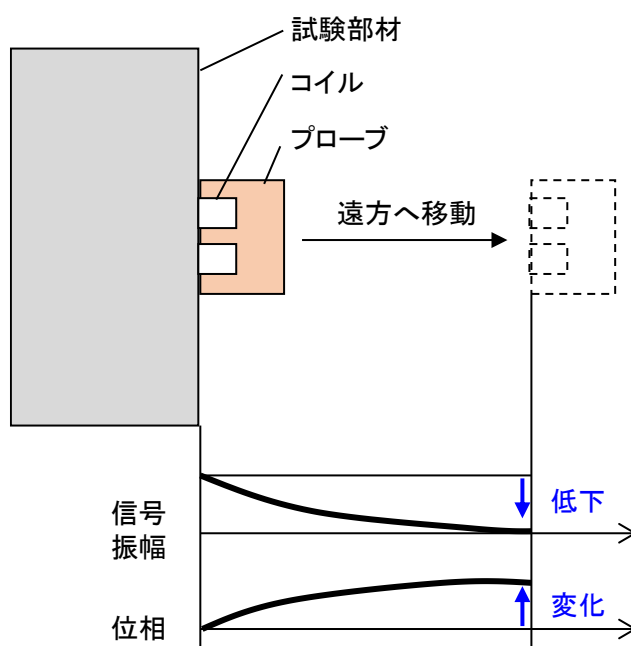


図2 リフトオフを用いた照射効果の有無に対する確認方法

5) 資料 2-1 (3) (c) には、人工欠陥寸法について「非磁性体と同じ仕様の人工欠陥を採用しています」とあり、図面には幅目標が「0.3 (最大 0.5)」mmとされています。人工欠陥の幅の実測値を提示してください。また、「2320 対比試験片」(5)において、人工欠陥の幅を  $0.3\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  としていることとの関係を説明してください。

回答 5)

基準感度及び位相角の設定に用いた2つの対比試験片における人工欠陥の幅寸法実測値を下記に示します。

TP No.1:0.34mm …TR パンケーキコイルプローブ用の対比試験片  
TP No.2:0.35mm …クロスコイル&パンケーキプローブ用の対比試験片  
(TP No.は資料 2-1p4-5 表 1 参照)

これらの対比試験片の人工欠陥は、「2320 対比試験片」(5)における「d. 幅:  $0.3\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 」を満たすことを確認しております。

最大 0.5mm については、長さ方向において幅が部分的に 0.5mm 程度となった場合でも対比試験片として利用できないものとせず、 $0.3\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$  の範囲を用いて試験に供することができるように記載したものです。

6) 低合金鋼への磁気飽和の適用性について説明してください。説明には、磁気飽和の必要性についても含んでください。

回答 6)

電力共研での試験体は、実機同等の材質、製造加工方法及び熱処理で製作しましたが、探傷試験において磁気飽和を適用しなければならない事象は確認できませんでした。従って、BWR プラントの給水ノズルコーナー部を対象として附属書 D における試験では、磁気飽和を適用する可能性は低いと考えます。

実機適用において磁気飽和は、附属書 A の手法を適用する PWR の原子炉容器及び蒸気発生器の出入口管台セーフエンド溶接部等に適用しています。これらの検査範囲にはオーステナイト系ステンレス鋼のクラッド溶接が含まれており、附属書 A 解説の解説図-A-3200-1-3 に示す通り、溶接の入熱による局所的な材質変化(フェライトの析出)による電磁氣的ノイズ信号が検出されます。このような局所的な電磁氣的ノイズが生じる箇所に対しては、磁気飽和が有効である実績が得られており、ノイズ信号との識別性並びに欠陥検出性を向上させています。