

「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
日本電気協会への説明依頼事項(その2)」に対する回答(JEAC4207-2016)

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

2. 「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」に関する説明依頼質問

1) 関連規格に記載された下記規格について、規程に係る部分とその年版による変更点について説明してください。

a) JIS Z 2352 超音波探傷装置の性能測定方法：1992年→2010年

b) JIS Z 3060 鋼溶接部の超音波探傷試験方法：2002年→2015年

2) コンポジット型探触子についての記述は下記に示す項に記載されていますが、下線部の違いを考慮すると、振動子材料が「コンポジット」のものは周波数帯域幅が「広帯域」と「狭帯域」を兼用しているもののように読めます。コンポジット型と周波数帯域の関係性について説明してください。

＜参考＞「JIS Z2350:2002 超音波探触子の性能測定方法」では探触子の表示記号について、周波数帯域幅は「広帯域の場合は B、狭帯域の場合は N を付ける。(N は省略できる)」、振動子材料は「水晶：Q、ジルコンチタン酸鉛系磁器：Z、Z 以外の圧電磁器：C、ポリマー系：P、コンポジット：K、その他：E、材料を特定しないとき：M」と規定

4500 オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

4510 探触子

(1) 周波数は 1～3MHz とし、広帯域型又はコンポジット型を用いる。

A-5300 オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

A-5322 探触子

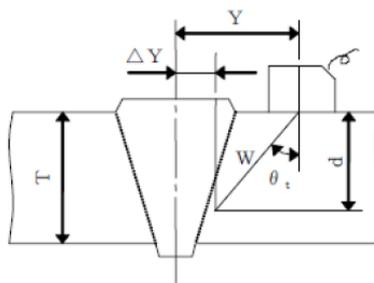
(1) 探触子は、広帯域(又はコンポジット)型縦波探触子とする。また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。

A-5500 容器管台内面の丸みの部分

A-5522 探触子

(1) 探触子は、管台外面側から測定する場合は狭帯域型、広帯域型又はコンポジット型縦波探触子とし、管台内面側から測定する場合は広帯域型又はコンポジット型縦波探触子とする。また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。

- 3) TOFD 法の「A-5260 時間軸及び基準感度の調整」において、「A-5261 一般事項」(2)に送信探触子間隔を追加した理由を説明してください。
- 4) 「D-4100 試験記録」において、炉心シュラウドに対して記録するエコーを、「DAC20%を超えるエコー」から「DAC20%を超える欠陥又は不連続部エコー」に変更した理由を説明してください。
- 5) 「4300 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手」の「4350 記録」において、縦波斜角法で試験した場合の記録対象について、ノイズレベルを超えて検出された指示を SN 比 2 以上と規定していますが、その妥当性について説明してください。また、SN 比 2 以下であっても反射源として識別可能なものについては記録対象としていますが、SN 比の定義(ノイズレベルの設定方法)について説明してください。
- 6) 「図-2712-1 反射源の位置解析例」に示す溶接部は余盛高さが RT 検査に支障がないように平らに削られているが探触子の走査上は障害物です。例示の図は余盛が完全に除去された理想状態のものにするのが適切ではありませんか。



- 7) 炉心シュラウドの目視試験の代替試験において、「図-D-3300-1 走査範囲の例」に示す溶接部近傍の母材表面試験範囲の溶接線に平行方向の走査範囲から垂直法を削除した理由を説明してください。
- 8) 炉心シュラウドの目視試験の代替試験において、「図-D-3300-1 走査範囲の例」に示す溶接金属部と厚さ T2 側の隣接母材を走査範囲とする表面試験範囲を C-D 部とした理由を説明してください。

- 9) 「A-4662 時間軸の調整」において、容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）を端部エコー法で外面側から測定する場合の時間軸範囲を1スキップから0.5スキップに変更した理由を説明してください。
- 10) 「A-6000 フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領」において、フェーズドアレイ技術による欠陥深さ測定における試験部の厚さに10mm以上51mm以下の制限を追加し、オーステナイト系ステンレス鋼配管の対象から「突合せ溶接継手」限定を削除した理由を説明してください。
- 11) 「A-6262 時間軸の調整」において、セクタ走査の時間軸調整における屈折角振り幅について設定した振り幅から評価に用いる振り幅に変更した理由を説明して下さい。
- 12) 「D-2100 超音波探傷器」において、炉心シュラウドに適用する超音波探傷器の種類からパルス反射式以外の方式を削除した理由を説明してください。
- 13) 「D-4100 試験記録」において、炉心シュラウドに対して記録するエコーを、DAC20%を超えるものからDAC20%を超える欠陥又は不連続部エコーに変更した理由を説明してください。

○回答

1) 関連規格に記載された下記規格について、規程に係る部分とその年版による変更点について説明してください。

a) JIS Z 2352 超音波探傷装置の性能測定方法：1992年→2010年

b) JIS Z 3060 鋼溶接部の超音波探傷試験方法：2002年→2015年

回答 1)

a) JIS Z2352 超音波探傷装置の性能測定方法

JIS Z2352の改訂は、対応国際規格であるISO18175が2004年に制定されたことに伴うもので、測定方法の追加やデジタル探傷器の読み取り方法などが追加されています。JEAC4207-2016では2410項で、JIS Z2352 6.1.1(時間軸直線性) および 6.2.2(増幅直線性(測定方法B))と従来と同等の測定方法となるように、対象を指定して引用しています。

<主な変更点と影響>

○全般

・性能測定時の接触媒質をマシン油と指定していたが、その記載を削除

→表面が平滑な標準試験片を用いるため、影響なし

・デジタル探傷器を用いる場合でエコー高さなどが数値として表示される場合はそれを用いても良いものとした → 影響なし

・測定者の資格を明記 → 従来からJEAC4207では試験員(有資格者)が実施、影響なし

○6.1.1 時間軸直線性

・試験片あるいは信号源を、従来は「測定範囲(50,125,350mm 及び必要とする測定範囲)の1/5の厚さを持つ試験片」であったが、「測定範囲の約1/5の厚さ若しくは約1/10の厚さをもつ平板試験片」に変更

→必要とされる測定範囲について性能を確認することに限定、影響なし

・「調整方法1」(従来と同等)に加えて「調整方法2」(従来と比べて測定点が約2倍)が追加

→調整方法2とした場合には測定点が増える、影響なし

○6.2.2 増幅直線性

・技術的な変更なし

b) JIS Z3060 鋼溶接部の超音波探傷試験方法

「参考資料1-2に対する回答」の回答1)にある通り、JIS Z3060は関連規格であり、本規程で引用しているものではなく、参考としているものです。よって直接関係する部分はありません。解説-2420-2で公称屈折角と実測屈折角の差の許容範囲として参照していますが、該当する記載に技術的な変更はありません。

2) コンポジット型探触子についての記述は下記に示す項に記載されていますが、下線部の違いを考慮すると、振動子材料が「コンポジット」のものは周波数帯域幅が「広帯域」と「狭帯域」を兼用しているもののように読めます。コンポジット型と周波数帯域の関係性について説明してください。

<参考>「JIS Z2350:2002 超音波探触子の性能測定方法」では探触子の表示記号について、周波数帯域幅は「広帯域の場合は B、狭帯域の場合は N を付ける。(N は省略できる)」、振動子材料は「水晶:Q、ジルコンチタン酸鉛系磁器:Z、Z 以外の圧電磁器:C、ポリマー系:P、コンポジット:K、その他:E、材料を特定しないとき:M」と規定

4500 オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

4510 探触子

(1) 周波数は 1~3MHz とし、広帯域型又はコンポジット型を用いる。

A-5300 オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

A-5322 探触子

(1) 探触子は、広帯域(又はコンポジット)型縦波探触子とする。また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。

A-5500 容器管台内面の丸みの部分

A-5522 探触子

(1) 探触子は、管台外面側から測定する場合は狭帯域型、広帯域型又はコンポジット型縦波探触子とし、管台内面側から測定する場合は広帯域型又はコンポジット型縦波探触子とする。また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。

回答 2) 広帯域探触子は、狭帯域探触子の持つ周波数帯域を包括して、より広い周波数帯域幅を持つ探触子です。コンポジット型とは、この広帯域特性を持たせるために考案されたコンポジット振動子を組み込んだ探触子を示しています。

当該部の記載は、各々対応する実証試験の報告書において、コンポジット型と記述されている探触子を使用されているためにこのように表記しております。コンポジット探触子が広帯域探触子であるとの認識が浸透すればコンポジット探触子も含めて広帯域探触子とだけ表記することができると思います。

3) TOFD 法の「A-5260 時間軸及び基準感度の調整」において、「A-5261 一般事項」(2)に送信探触子間隔を追加した理由を説明してください。

回答 3) 従来は、解説 A-5261 で試験終了時等に確認することが必要であるとしていたものを、要求事項であることから本文記載にしたものです。

4) 「D-4100 試験記録」において、炉心シュラウドに対して記録するエコーを、「DAC20%を超えるエコー」から「DAC20%を超える欠陥又は不連続部エコー」に変更した理由を説明してください。

回答 4) 附属書 D は MVT-1 の代替手法であり、MVT-1 と同様に、ひび(欠陥)と評価されたエコーのみが記録対象であることを明確にしたものです。

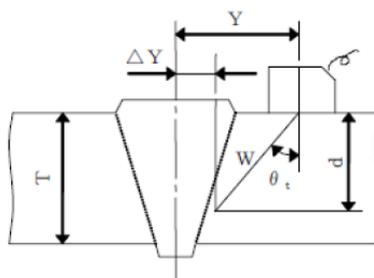
5) 「4300 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手」の「4350 記録」において、縦波斜角法で試験した場合の記録対象について、ノイズレベルを超えて検出された指示を SN 比 2 以上と規定していますが、その妥当性について説明してください。また、SN 比 2 以下であっても反射源として識別可能なものについては記録対象としていますが、SN 比の定義(ノイズレベルの設定方法)について説明してください。

回答 5) 「4300 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手」は、NNW の報告書を根拠としています。当該報告書にも記載されていますが、異種金属溶接継手の探傷では、金属組織や内表面などからのエコー(ノイズ:N)ときずからのエコー(信号:S)との識別がポイントになります。一般的に波形を見て、明確な信号とノイズであるかを判別するためには、S/N 比が2以上(平均的なノイズレベルに対して2倍の信号高さがある)ことが必要であり、識別可能なレベルとして用いています。NNW の報告書でも、S/N 比2を目安としています。

ただし、金属組織などのエコー(ノイズ)と明確な反射源であるきずからのエコー(信号)はエコーの挙動(動きなど)から、S/N 比が 2 未満であっても識別可能な例もあり、それについては記録することを求めています。

ノイズレベルの考え方はいろいろとあります。超音波探傷では、一般的に A スコープ(探傷波形)において、有意な信号以外に得られる信号のうち、突発的な電気ノイズ信号などを除いた信号(主に金属組織による信号など)を包絡するエコー高さをノイズレベルとしています。

6) 「図-2712-1 反射源の位置解析例」に示す溶接部は余盛高さが RT 検査に支障がないように平らに削られているが探触子の走査上は障害物です。例示の図は余盛が完全に除去された理想状態のものにするのが適切ではありませんか。



回答 6) 当該図は、反射源の位置解析に対する例を示したものであり、余盛の形状について言及しているものではありません。平滑に仕上げることが原則であることを示すという観点で次回改定では余盛を平滑に仕上げた図とすることを検討します。

7) 炉心シュラウドの目視試験の代替試験において、「図-D-3300-1 走査範囲の例」に示す溶接部近傍の母材表面試験範囲の溶接線に平行方向の走査範囲から垂直法を削除した理由を説明してください。

回答 7) 他の溶接部と同様、溶接金属部および熱影響部に垂直法および斜角法を適用することを要求していましたが、附属書 D は表面欠陥(亀裂状のきず)の検出および長さ測定を行うことを目的としており、この場合、(イ)(エ)の部分の垂直探傷は表面欠陥の検出能力がないことから、適切な手法である斜角法のみを適用することとしました。

8) 炉心シュラウドの目視試験の代替試験において、「図-D-3300-1 走査範囲の例」に示す溶接金属部と厚さ T2 側の隣接母材を走査範囲とする表面試験範囲を C-D 部とした理由を説明してください。

回答 8)

表面試験範囲については、同図の(備考)4.で維持規格によるとしています。

9) 「A-4662 時間軸の調整」において、容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）を端部エコー法で外面側から測定する場合の時間軸範囲を1スキップから0.5スキップに変更した理由を説明してください。

回答 9) A-4262 の表現と合わせた記載としたものです。

端部エコー法では、端部エコーは通常は直射法（反射させずに直射ビームで端部を検出する）で行います。この場合には0.5スキップまでの時間軸範囲で充分です。一回反射法で行う場合には1.0スキップまでの時間軸範囲とすることを求めています。

一般的に直射法で端部エコーを検出しようとする場合でも、厚さが比較的薄い部分の探傷では、識別しやすいように表示器の中央付近にエコーが表示されるように、1スキップ程度の時間軸に調整することが多いですが、一般的に容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手部は比較的厚いため、時間軸範囲を広げることで時間軸の読み取り誤差が相対的に大きくなるため、0.5スキップ程度の時間軸範囲に拡大することが適切です。

10) 「A-6000 フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領」において、フェーズドアレイ技術による欠陥深さ測定における試験部の厚さに 10mm 以上 51mm 以下の制限を追加し、オーステナイト系ステンレス鋼配管の対象から「突合せ溶接継手」限定を削除した理由を説明してください。

回答 10) A-1225 の表現と合わせるべく修正を行った部分ですが、記載に不完全な部分があったようです。誤記として対応を検討します。

11) 「A-6262 時間軸の調整」において、セクタ走査の時間軸調整における屈折角振幅について設定した振幅から評価に用いる振幅に変更した理由を説明して下さい。

回答 11)

参考資料 1-2 に対する回答のうち、回答 36)を参照ください。

同回答に記載の通りに、より適切と考えられる方法に変更したものです。

12) 「D-2100 超音波探傷器」において、炉心シュラウドに適用する超音波探傷器の種類からパルス反射式以外の方式を削除した理由を説明してください。

回答 12) パルス反射式以外の超音波探傷器の適用事例やニーズがないことから、削除しました。

13) 「D-4100 試験記録」において、炉心シュラウドに対して記録するエコーを、DAC20%を超えるものから DAC20%を超える欠陥又は不連続部エコーに変更した理由を説明してください。

回答 13)

回答 4)を参照ください。