



発電用原子力設備規格 溶接規格(2020年版) JSME S NB1-2020

第4回技術評価に関する検討チーム会合における
日本機械学会への説明依頼事項に対する回答

2023年10月2日

(一社)日本機械学会 発電用設備規格委員会
原子力専門委員会 溶接分科会

3. 溶接規格

- (1) 新たに設けた規定
- (2) 溶接施工法認証試験の確認項目
- (3) 溶接方法の区分
- (4) 溶接士技能確認試験
- (5) その他

3. (1) 新たに設けた規定

(a) 第10章コンクリート製原子炉格納容器の溶接部の設計(継手形状等)は、何を参照するのか説明して下さい。

<質問の背景>

○「N-CV010溶接部の設計」において、「溶接部の設計は、コンクリート製原子炉格納容器規格CVE-4500「溶接部の設計」の規定による。」とし、「N-0015引用規格」において、コンクリート製原子炉格納容器規格の適用年版は記載されていない。

○技術基準規則解釈に引用しているコンクリート製原子炉格納容器規格は、2003年版であるが、溶接部の設計が規定されていない。

回答:次ページ以降に記載

3. (1) 新たに設けた規定

回答

- 溶接規格では、引用するコンクリート製格納容器規格（CCV規格）の年版は指定していない。
- 溶接規格2020年版における溶接部の設計では、コンクリート製原子炉格納容器規格2014年版の規定番号（CVE-4510及び4610）を記載している。
（溶接規格2020年版における記載は誤っておりますので、正誤表による対応を検討いたします。）
- 参考として次ページに、「コンクリート製原子炉格納容器規格」と「溶接規格」の年版の関係を示す。

3. (1) 新たに設けた規定

参考

CCV に係わる発電用原子力設備規格

コンクリート製原子炉格納容器規格
(2003年版) <<技術評価書あり>>
【CVE-XXXX 溶接設計なし】

溶接規格
(2007年版) <<技術評価書あり>>
【第1部 N-CVXXX 規定なし】

コンクリート製原子炉格納容器規格
(2011年版) <<技術評価書なし>>
【CVE-3800 溶接設計あり】

溶接規格
(2007年版) <<技術評価書あり>>
【第1部 N-CVXXX 規定なし】

コンクリート製原子炉格納容器規格
(2014年版) <<技術評価書なし>>
【CVE-4510、4610 溶接設計あり】

現状の
組合せ

溶接規格
(2012年版/2013年追補)
<<技術評価書あり>>
【第1部 N-CVXXX 規定なし】

コンクリート製原子炉格納容器規格
(2022年版) <<技術評価提案>>
【CVE-4510、4610 溶接設計あり】

溶接規格
(2020年版) <<技術評価中>>
【第1部 N-CVXXX 規定あり】

2022年版は未発刊だが、CVE-4510及び4610は2014年版から溶接部の設計の内容は改定されていない。

3. (1) 新たに設けた規定

(b)「本体付機械試験板は耐圧バウンダリの突合せ溶接に要求しているため、耐圧バウンダリを構成しない炉心支持構造物では、「溶接部の機械試験」の規定をしていない。」とのことですが、「表N-0030-1衝撃試験温度(第1部-72)」には「炉心支持構造物」が規定されています。その理由について説明して下さい。

回答:次ページに記載

3. (1) 新たに設けた規定

回答

- 「表N-0030-1 衝撃試験温度(第1部-72)」は、「N-0030 溶接施工法(第1部-5)」で引用されており、溶接部の機械試験(本体付機械試験板)への要求ではなく、溶接施工法への要求である。
- 設計・建設規格(「CSS-2300 破壊靱性試験要求」参照)では、炉心支持構造物に靱性を要求していることから、溶接規格においても溶接施工法に衝撃試験を要求している。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(a)「WP-380衝撃試験を必要とする場合の追加の確認項目」が規定され、設計・建設規格で破壊靱性が要求される母材を溶接する場合、衝撃試験の確認項目が記載された溶接施工法が必要になりました。次の1)及び2)の場合、どのように適用するのか説明して下さい。

1)破壊靱性が要求された母材同士のすみ肉溶接の施工法

回答:次ページに記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- 溶接構造物(含:炉心支持構造物)の溶接部に対する靱性要求は、基本的に材料要求ではなく、設計要求によって決まる。
- 設計上、靱性が要求される場合は、靱性が保証された材料を用いて製造し、それら部材を溶接で接合する場合には、「衝撃試験が要求される場合」の施工法を用いて靱性を保証する。
- したがって、「すみ肉溶接」(機械試験が要求されない溶接部)であっても、設計上靱性が要求される場合は、「衝撃試験が要求される場合」の施工法を用いる。
- 改定は、溶接部の性能が設計要求に従属することを明確化する目的で行った。

(参考)従来、機械試験が要求されない溶接継手については、「衝撃試験なし」の溶接施工法を適用しても良いと誤って解釈される傾向にあった。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(a)「WP-380衝撃試験を必要とする場合の追加の確認項目」が規定され、設計・建設規格で破壊靱性が要求される母材を溶接する場合、衝撃試験の確認項目が記載された溶接施工法が必要になりました。次の1)及び2)の場合、どのように適用するのか説明して下さい。

2)片方のみに破壊靱性が要求された突合せ溶接とすみ肉溶接の施工法

回答:次ページ以降に記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

(突合せ溶接の場合)

弁を境にして機器区分が変わり、一方の配管は靱性要求があり、弁には靱性要求のある材料が用いられ、他方の配管は靱性要求がない場合において、弁と靱性要求がない配管との溶接が質問の事例に該当すると考えられる。

このような例では、設計上、特に指定がない限り「衝撃試験が要求される場合」の施工法を用いる必要はない。

(理由)

当該溶接部の靱性を保証する必要がないためであり、弁箱の健全性に影響するリスクが懸念される場合には、設計上、靱性要求が明記される。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

(すみ肉溶接の場合)

圧力容器又は配管(靱性要求あり)とその耐圧部分に直接取り付けるラグ等(靱性要求なし)の溶接が考えられる。

このような例では、「衝撃試験が要求される場合」の施工法を適用しなければならない。

(理由)

耐圧部分(靱性要求あり)に直接溶接するため、継手形状に関係なく、耐圧部分に形成される熱影響部(HAZ)の靱性を保証する必要がある。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(b)「WP-310 溶接方法」に、「2つ以上の溶接方法の組合せとなる溶接において、既に確認されている溶接施工法を組み合わせる溶接を行う場合は、組合せの溶接施工法確認試験を省略してもよい」と規定されました。次の1)及び2)の場合、どのように適用するのか説明して下さい。

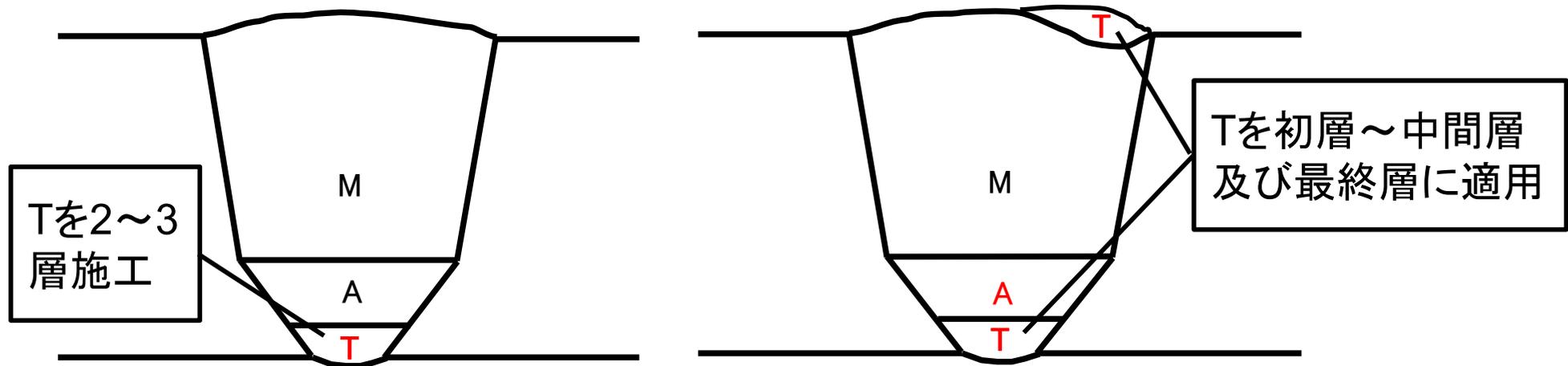
1)「組み合わせ施工法の場合、初層限定の溶接方法を除き、順番を問わない」との説明がありましたが、例えばT(ティグ溶接)の施工法における初層限定の施工法と組み合わせ施工法とはどのように識別をするのか。

回答:次ページ以降に記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- 「組合せ施工法の場合、初層限定の溶接方法を除き、順番を問わない」とは、たとえばT+A+Mの場合、次のようにT、A及びMの組合せを満足しておれば、それらの施工順を問わないという意味である。(溶接規格では溶接方法の施工順は規定していない。)



上図の例では、1層目から2~3層目まで施工したティグ溶接を多層溶接と見なしてTとなるが、これを初層溶接 T_F と見なした場合、2012年版溶接規格では左図は $T_F + A + M$ 、右図は $T_F + A + M + T_B$ となる。2020年版では、組合せ施工法はT+A+Mに統一される。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- 2020年版では、組合せ施工法における初層限定の溶接方法 T_F 、 T_{FB} は、いずれも T と表示するが、計画書(溶接部詳細一覧表)において施工順、層数などを明記して区別する。
- 溶接施工法から溶接士技能に係る区分はなくなるが、その他の確認項目に変更はなく、 T_B (裏面ガス保護なし)を T_F (裏面ガス保護あり)として用いることはできない。
- 単独の施工法を組み合わせる場合は、施工順を明記し、初層溶接に必要な溶接士技能を明確にする。(保有する溶接士が全て裏波形成の技能を有している場合は不要である。)
- 組合せ施工法と単独の施工法の組合せの区別は、施工法番号が単一か複数かによって判別可能である。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(b)「WP-310 溶接方法」に、「2つ以上の溶接方法の組合せとなる溶接において、既に確認されている溶接施工法を組み合わせる溶接を行う場合は、組合せの溶接施工法確認試験を省略してもよい」と規定されました。次の1)及び2)の場合、どのように適用するのか説明して下さい。

2)「複数の異なる標記が存在するなどの問題が多数あるが、改定により解消される」とのことですが、具体的にどのような問題があり、今後どのように改定されるのか。

回答:次ページに記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- 「複数の異なる標記が存在するなどの問題」については、先に掲げた2例の他、別途配付した資料(※最終ページに記載)を参照のこと。
- 問題を考慮し、次の改定が行われた。(今後の改定予定なし)
 - ①溶接施工法における溶接方法の区分について、溶接士技能に関する区分(T_F 、 T_{FB} 、 T_B 、 A_O 、 M_O 等)を廃止した。
(技能以外に相違点はなく、自動溶接にこれら区分はない。)
 - ②単独の施工法を組み合わせて適用できるようにした。
(単独の施工法は、一層盛りを除き、初層、中間層、最終層のいずれにも適用可能であることが確認されている。)

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(c)「表 WP-333-1 溶加材若しくはウェルドインサート又は心線の区分」において、「フラックス入りワイヤを使用した溶接は、心線としては独立した区分としている。」との説明がありました。次の1)及び2)の場合、どのように適用するのか説明して下さい。

1) 既存の施工法に対してどのように確認の上、識別するのか。

回答: 次ページ以降に記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- (1) 2019年追補以前の規格に従い認証した溶接施工法認証試験記録を用いる場合
- 過去の溶接施工法認証試験又は溶接構造物に用いたワイヤの銘柄（溶接施工要領書又は指示書、施工記録等でもよい）において用いたワイヤの銘柄を確認し、「ソリッドワイヤ」か「フラックス入りワイヤ」か判断する。
 - 上記により確認された心線（「ソリッドワイヤ」か「フラックス入りワイヤ」）に対してのみ、当該の溶接施工法認証試験記録は有効とする。
 - 溶接施工法認証試験記録への「フラックス入りワイヤ」の区分の記載は不要とする。（過去の溶接施工法認証試験記録への「フラックス入りワイヤ」の区分の追記は求めない。）
 - 溶接施工要領書は、「フラックス入りワイヤ」を使用する場合、その区分の記載を要求する。（例：E-1(FC)、E-8(FC) 等）

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

(2) 2020年版以降の規格に従い認証した溶接施工法試験記録を用いる場合

- 溶接施工法認証試験記録への「フラックス入りワイヤ」の区分の記載を要求する。(新たに作成する溶接施工法認証試験記録へは、「フラックス入りワイヤ」の区分の記載を求める。)
- 溶接施工法認証試験記録は、実際に試験で評価した心線(「ソリッドワイヤ」あるいは「フラックス入りワイヤ」)に対してのみ有効とする。
- 溶接施工要領書は、「フラックス入りワイヤ」を使用する場合、その区分の記載を要求する。(例: E-1(FC)、E-8(FC) 等)

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(c)「表 WP-333-1 溶加材若しくはウェルドインサート又は心線の区分」において、「フラックス入りワイヤを使用した溶接は、心線としては独立した区分としている。」との説明がありました。次の1)及び2)の場合、どのように適用するのか説明して下さい。

2) 施工法としてソリッドとフラックス入りを併用していた場合はないのか。

回答

基本的には単独であるが、特殊なケースとして、化粧盛もしくは手直しだけ「フラックス入りワイヤ」、バタリングだけ「ソリッドワイヤ」、などに用いられる可能性はある。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(d) チタン材及びジルコニウム材の活性金属の溶接を行う場合「トレーリングガスの流量を溶接施工法の確認項目とすることは適切ではないと判断」したとのことですが、米国の事業者はASME Sec.IXに基づき、どのようにトレーリングガス流量を確認項目としているのか説明して下さい。

<質問の背景>

○ASMEとハーモナイゼーションを行っているとのことですので、米国の状況も把握していると理解しています。

回答：次ページに記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- ASME Sec. IX QW-408.10 では、「トレーリングガス流量の10%以上の減少で1区分」と規定されている。
- 一般にトレーリングシールド治具は製品(溶接部)形状に合わせたものを使用する。治具の寸法形状を含むトレーリングガス流量の管理は米国の事業者のノウハウであるため、詳細は不明であるが、以下の通りと推定する。
 - ASME Sec. IXに基づき、トレーリングガスを使用する際は、試験材形状に合った治具を使用し、色調等の溶接部の外観が良好となる流量での溶接施工法確認試験を実施する。
 - 溶接部(治具)形状の違い等により、良好な溶接を行うために試験時の流量から10%以上減少させなければならない場合は、新たな溶接施工法確認試験を実施する。

【以下は参考記載】

- 溶接規格では、溶接部の色調によりトレーリングシールドの健全性が確認可能であることから、トレーリングガス流量は溶接施工法の確認項目とはしていない。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

(e)「WP-411 試験材の厚さ」において、「(2)次に掲げる場合は、母材の厚さの上限値」としていたものを「軽水炉では使用されない項目であり、削除した」との説明がありました。「軽水炉では使用されない項目」とは何を指すのか、説明して下さい。

<質問の背景>

○ (2)の2)及び3)に規定されている『P-1,P-3,P-11A-1,P-11A-2,P-11B』は軽水炉で使用されているのではないか。(「表WP-321-1 母材の区分」に当該材料が規定されている。)

回答:次ページ以降に記載

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答

- 「軽水炉では使用されない項目」とは、「2020年版では例外項目として規定しておく必要がなくなった項目」を指す。
- (2)は40年以上前の「溶接方法の認可」(資源エネルギー庁長官通達)をもとに当時は溶接実績がないため特例として制定したものであるが、次ページ以降に示す理由により、必要ないことが明らかとなったため、削除した。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

2013年追補の「WP-411 試験材の厚さ」の「(2)次に掲げる場合は、母材の厚さの上限値」の内容

- 1) 確認に用いる試験材が管である場合は、外径が140 mm 以下で、かつ、適用する母材の厚さの上限が19 mmを超えるとき
- 2) 母材の区分が、表 WP-302-1に掲げるP-1及びP-3であって、予熱温度の下限が100 °C、溶接後熱処理を行わず、かつ、母材の厚さの上限がP-1の場合は、32 mm、P-3の場合は、13 mmを超えるとき
- 3) 母材の区分が、表 WP-302-1に掲げるP-11A-1、P-11A-2及びP-11Bであるとき
- 4) ガス溶接、ティグ溶接、プラズマアーク溶接、半自動溶接又は自動溶接による場合であって、片側溶接として1層盛を行うとき
- 5) エレクトロスラグ溶接又はエレクトロガス溶接の場合は、母材の厚さの上限0.9倍から上限までの値
- 6) 半自動溶接又は自動溶接による場合であって、両側溶接としてそれぞれの側に1層盛を行うとき(母材の厚さが、50 mmを超える場合に限る。)

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

- 1) 確認に用いる試験材が管である場合は、外径が140 mm 以下で、かつ、適用する母材の厚さの上限が19 mmを超えるとき
- 当時、管の外径に比較して管厚が厚く、溶接施工条件の違いが大きくなることから特別条項としていた。
 - 2020年版では、外径140mm以下で19mmを超えても、機械的性質が大きく変わるものではないとの判断から削除した。
 - JIS規格配管材料では、125A(外径139.8mm)の場合の最大厚さは15.9mm(スケジュール160)であるため、規定の「外径外径が140mm以下で、厚さが19mmを超えるもの」に該当する配管材料はない。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

2) 母材の区分が、表 WP-302-1に掲げるP-1及びP-3であって、予熱温度の下限が100 °C、溶接後熱処理を行わず、かつ、母材の厚さの上限がP-1の場合は、32 mm、P-3の場合は、13 mmを超えるとき

- 当時、溶接後熱処理を行わない溶接施工法の場合、適用できる板厚の上限値が決められていたことから、その上限の板厚を超えないようにするため、この規定が設けられた。
- 2020年版では、WP-322「母材の厚さ」(2)項で溶接後熱処理を行わない場合は、表N-X090-3で規定されている板厚の上限値の制限があることを規定するようにしたため、削除とした。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

3) 母材の区分が、表 WP-302-1に掲げるP-11A-1、P-11A-2及びP-11Bであるとき

- P-11A-1、P-11A-2及びP-11Bは、当時、割れ感受性が高いという理由から、試験材の厚さを認定される厚さの上限にした。
- 2020年版では、製品の溶接部に対して非破壊試験で割れの有無が確認されるため、特別扱いする必要がないとの判断から削除した。
- ASME Sec.IX、JIS規格の溶接施工法試験でも、P-11A-1、P-11A-2、P-11Bを特別扱いにする規定はない。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

4) ガス溶接、ティグ溶接、プラズマアーク溶接、半自動溶接又は自動溶接による場合であって、片側溶接として1層盛を行うとき

- 当時、一層盛は多層盛と比較して靱性に乏しく機械的強度及び溶接金属の組織に差が現れ易いため区分した。
- 2020年版では、衝撃試験が要求される場合、「多層盛」「一層盛」を確認項目にするように改定しているため、削除した。

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

5) エレクトロスラグ溶接又はエレクトロガス溶接の場合は、母材の厚さの上限0.9倍から上限までの値

- 2020年版でも、表WP-322-1「母材の厚さの区分」で「いずれかのパスの厚さが13mmを超える場合は、(認定される母材の厚さTは、 $1.1t$ (t :試験材の厚さ) とする。』と規定しており、含まれるため削除した。

表 WP-322-1 母材の厚さの区分

試験材の厚さ t (mm)	認定される母材の厚さの区分 T (mm)
1.5未満	t 以上 $2t$ 以下
1.5以上 10未満	1.5以上 $2t$ 以下
10以上150未満	5以上 $2t$ 以下 ただし、最大200
150以上	5以上 $1.33t$ 以下又は200の大きい値以下
(1) 次に示す条件で行う場合における T の上限は、 $1.1t$ とする。 <u>1) いずれかのパスの厚さが13mmを超える場合</u> 2) 片面1パスで溶接を行う場合	

3. (2) 溶接施工法認証試験の確認項目

回答(続き)

- 6) 半自動溶接又は自動溶接による場合であって、両側溶接としてそれぞれの側に1層盛を行うとき(母材の厚さが、50 mmを超える場合に限る。)
- 当時、一層盛は多層盛と比較して靱性に乏しく機械的強度及び溶接金属の組織に差が現れ易いため区分した。
 - 2020年版では、衝撃試験が要求される場合、「多層盛」「一層盛」を確認項目にするように改定しているため、削除した。
 - 50mm以上の板厚の母材を両側1層ずつの溶接(均等厚さの場合は片側25mm以上の厚さ)を行うことは、現実的にはできないと考えられるため削除した。

3. (3) 溶接方法の区分

(a) 従来は裏波の有無などにより別々の区分表示であった溶接施工法が同じ区分表示となり、どのように開先形状ごとに異なる溶接方法を識別するのか、溶接施工に必要な溶接士の技能の管理を行うのかについて、「今後運用が予定されているルールに関する現状の考え」の説明がありました。次の1)～3)について、説明して下さい。

1) 溶接規格2020年版が技術基準規則解釈に引用された際に、運用ルールは何を参照するのか。

2) 運用ルールは今後溶接規格に規定されるのか。

回答：次ページに記載

3. (3) 溶接方法の区分

回答

1) 及び2)について

- 「今後運用が予定されているルール」とは、2020年版に規定されたルールのことであり、それらを運用するために、さらに別のルールを参照する考えはない。
- 現在時点で運用されているのは、2020年版ではなくて2012年版及び2013年追補に規定されているルールであり、2020年版はまだ運用されていないため、「今後運用が予定されているルール」と表現した。

(参考)

単独の施工法の組合せを認める改定、溶接方法の区分から溶接士技量に係る区分を削除する改定等を行った。

3. (3) 溶接方法の区分

(a)従来は裏波の有無などにより別々の区分表示であった溶接施工法が同じ区分表示となり、どのように開先形状ごとに異なる溶接方法を識別するのか、溶接施工に必要な溶接士の技能の管理を行うのかについて、「今後運用が予定されているルールに関する現状の考え」の説明がありました。次の1)～3)について、説明して下さい。

3)「妥当性の判断が困難な場合は、製造者が施工手順(積層手順)、溶接士の選定要領など」を用意するとのことだが、製造者が溶接施工に先立ち用意するということか。

回答:次ページに記載

3. (3) 溶接方法の区分

回答

- 施工手順(積層手順)、溶接士の選定要領などは、製造者が溶接施工に先立ち用意するのが原則である。
→ 提供の仕方は、製造者と事業者の間の取り決めによる。
- 「妥当性の判断が困難な場合」は、使用前事業者検査(溶接)実施前に行う計画書審査だけでなく、検査開始後の溶接作業中検査でも発生することが想定される。
- 施工手順等が特殊で、溶接作業検査において使用前事業者検査員が判断できない場合は、製造者がより詳細な説明資料(手順書)やエビデンス等を提供する必要がある。
→ 提供の仕方は、製造者と事業者の間の取り決めによる。

(注意)このページは、JSME 溶接規格の範囲外となる内容です。

3. (3) 溶接方法の区分

(b)「(ティグ溶接は)初層以外の適用例が増加しており、初層限定資格(T_F , T_{FB})のニーズはほとんどない」とのことですが、現在 T_F の施工法がほとんど使われていないということでしょうか。

回答:次ページに記載

3. (3) 溶接方法の区分

回答

- ティグ溶接が、初層(T_F 、 T_{FB})に用いられなくなった訳ではない。
→ 溶接士の技量に係る区分であるため、溶接施工法の区分から削除した。
- 次の理由から、近年、初層限定の資格区分(T_F 、 T_{FB})の新規受験者がほとんどおらず、資格保有者(元々少ない)も徐々に減少しているため、近い将来、廃止する考えである。
 - ① ティグ溶接は、初層以外、例えば最終層(仕上げ)に使用されることが多くなった。(T_Bが必要)
 - ② ティグ溶接は、手直し溶接、中間層の手入れなどにも使用されることが多くなった。(T_Bが必要)
 - ③ 比較的厚い構造物についても、ティグ溶接だけで施工する事例が多くなった。

(注意)このページは、JSME 溶接規格の範囲外となる内容です。

3. (4) 溶接士技能確認試験

(a) 新たに追加となる資格区分 (JIS規格の溶接技能者及び発電用火力設備の溶接士) の作業範囲 (板厚、姿勢など) は、JIS規格の溶接技能者及び発電用火力設備の溶接士と同じか説明して下さい。

回答

JIS溶接士について

- JIS規格では、溶接技能者の作業範囲は決められていない。そこで溶接規格では、表WQ-610-1でJISと溶接規格との対応を示し、作業範囲は対応する溶接規格の資格区分と同じとしている。
- 同じとした根拠を次ページ以降に示す。(第3回検討チーム会合資料からの再掲)

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

JIS Z 3801 ティグ溶接

試験材の種類、厚さ、裏当て金の有無、溶接姿勢の区分が、溶接規格と同等である。

試験項目及び判定基準についても、次ページ以降に示す。

JIS Z 3801					溶接規格				
試験材の種類	試験材の厚さの区分	裏当て金の有無	溶接姿勢	資格記号	試験材の種類	試験材の厚さの区分	裏当て金の有無	溶接姿勢	資格記号
板 炭素鋼	3.2mm	用いない	下向	T-1F	板 炭素鋼	3~3.2mm	用いない	下向	T W-0f
			立向	T-1V				立向	T W-0v
			横向	T-1H				横向	T W-0h
			上向	T-10				上向	T W-0o
管 炭素鋼	外径 114.3mm 4.0~ 5.0mm	用いない	水平固定 及び 鉛直固定	T-1P	管 炭素鋼	外径100~ 120mm 4~5.3mm	用いない	水平固定 及び 鉛直固定	T W-3-0e

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

JIS Z 3801 ティグ溶接

試験項目及び判定基準の概要

試験材の種類	JIS Z 3801			溶接規格		
	判定方法	曲げ試験片の個数	判定基準	判定方法	曲げ試験片の個数	判定基準
板 炭素鋼	外観試験 曲げ試験	表曲げ 裏曲げ 各1個	<p>外観試験の各項目が著しく不良のものは、不合格とする。</p> <p>曲げられた試験片の外面に次の欠陥が認められる場合は、不合格とする。</p> <p>(1) 3.0 mmを超える割れがある場合。</p> <p>(2) 3.0 mm以下の割れの合計長さが、7.0 mmを超える場合。</p> <p>(3) ブローホール及び割れの合計数が、10個を超える場合。</p> <p>(4) アンダカット、溶込み不良、スラグ巻き込みなどが著しい場合。</p>	外観試験 曲げ試験	表曲げ 裏曲げ 各1個	<p>外観試験の各項目が著しく不良のものは、不合格とする。</p> <p>曲げられた試験片の外面に次の欠陥が認められる場合は、不合格とする。</p> <p>a) 3.0 mmを超える割れがある場合</p> <p>b) 3.0 mm以下の割れの合計長さが、7.0 mmを超える場合</p> <p>c) ブローホール及び割れの合計数が、10個を超える場合</p> <p>d) アンダカット、溶込み不良、スラグ巻き込みなどが著しい場合</p>
管 炭素鋼		裏曲げ 4個			裏曲げ 4個	

3. (4) 溶接士技能確認試験

(a) 新たに追加となる資格区分 (JIS規格の溶接技能者及び発電用火力設備の溶接士) の作業範囲 (板厚、姿勢など) は、JIS規格の溶接技能者及び発電用火力設備の溶接士と同じか説明して下さい。

回答: 次ページ以降に記載

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答

発電用火力設備の溶接士について

- 溶接規格の溶接技能者と発電用火力設備の溶接士の作業範囲では、試験材が板の場合に違いがある。次ページ以降に比較表を示す。
- 2016年版までは同じであったが、次の理由で2018年追補にて改定した。
 - 立向、横向、上向の技能があれば、下向の溶接ができるようにする。
 - 作業範囲を「板について」とする規定は、鍛造品等は作業できないと解釈されるおそれがある。
 - すみ肉溶接についての扱いを明確にする。
- 同等とした根拠を38～40ページに示す。(第3回検討チーム会合資料からの再掲)

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

アルミニウム, アルミニウム合金又はチタン以外 (チタンは溶接規格のみ)							
発電用火力設備の技術基準の解釈 別表第17				溶接規格表 WQ-330-6			
溶接技能確認試験		作業範囲		溶接技能確認試験		作業範囲	
試験材の区分	溶接姿勢の区分	母材の厚さ	溶接姿勢	試験材の区分	溶接姿勢	溶接金属の厚さ	溶接姿勢
W-0 試験材厚さ 3~3.2mm 板	下向	7mm未満	下向	W-0 試験材厚さ 3~3.2mm 板	下向	7mm未満	下向
	立向		板の立向		立向		下向 立向
	横向		板の横向		横向		下向 横向
	上向		板の上向		上向		下向 上向
W-1 試験材厚さ 9mm 板	下向	19mm未満	下向	W-1 試験材厚さ 9mm 板	下向	19mm未満	下向
	立向		板の立向		立向		下向 立向
	横向		板の横向		横向		下向 横向
	上向		板の上向		上向		下向 上向
W-2 試験材厚さ 19mm 板	下向	制限なし	下向	W-2 試験材厚さ 19mm 板	下向	制限なし	下向
	立向		板の立向		立向		下向 立向
	横向		板の横向		横向		下向 横向
	上向		板の上向		上向		下向 上向
W-3-0 外径100~120mm 厚さ4~5.3mm 管	水平固定及び 鉛直固定	11mm未満	制限なし	W-3-0 外径100~120mm 厚さ4~5.3mm 管	水平固定及び 鉛直固定	11mm未満	全姿勢
W-3 外径150~170mm 厚さ10~12mm 管	水平固定及び 鉛直固定	19mm未満	制限なし	W-3 外径150~170mm 厚さ10~12mm 管	水平固定及び 鉛直固定	19mm未満	全姿勢
W-4 外径200~300mm 厚さ20mm以上 管	水平固定及び 鉛直固定	制限なし	制限なし	W-4 外径200~300mm 厚さ20mm以上 管	水平固定及び 鉛直固定	制限なし	全姿勢

溶接規格では、すみ肉溶接の場合、「溶接金属の厚さ」は「のど厚」と読み替えて作業範囲を規定している。

3.(4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

アルミニウム又はアルミニウム合金							
発電用火力設備の技術基準の解釈 別表第17				溶接規格表 WQ-330-6			
溶接技能確認試験		作業範囲		溶接技能確認試験		作業範囲	
試験材の区分	溶接姿勢の区分	母材の厚さ	溶接姿勢	試験材の区分	溶接姿勢	溶接金属の厚さ	溶接姿勢
W-10 試験材厚さ 3mm 板	下向	7mm未満	下向	W-10 試験材厚さ 3mm 板	下向	7mm未満	下向
	立向		板の立向		立向		下向 立向
	横向		板の横向		横向		下向 横向
	上向		板の上向		上向		下向 上向
W-11 試験材厚さ 8mm 板	下向	17mm未満	下向	W-11 試験材厚さ 8mm 板	下向	17mm未満	下向
	立向		板の立向		立向		下向 立向
	横向		板の横向		横向		下向 横向
	上向		板の上向		上向		下向 上向
W-12 試験材厚さ 20mm以上 板	下向	制限なし	下向	W-12 試験材厚さ 20mm以上 板	下向	制限なし	下向
	立向		板の立向		立向		下向 立向
	横向		板の横向		横向		下向 横向
	上向		板の上向		上向		下向 上向
W-13 外径100~150mm 厚さ4mm 管	水平固定及び 鉛直固定	9mm未満	制限なし	W-13 外径100~150mm 厚さ4mm 管	水平固定及び 鉛直固定	9mm未満	全姿勢
W-14 外径150~200mm 厚さ12~15mm 管	水平固定及び 鉛直固定	25mm未満	制限なし	W-14 外径150~200mm 厚さ12~15mm 管	水平固定及び 鉛直固定	25mm未満	全姿勢
W-15 外径200~300mm 厚さ20mm以上 管	水平固定及び 鉛直固定	制限なし	制限なし	W-15 外径200~300mm 厚さ20mm以上 管	水平固定及び 鉛直固定	制限なし	全姿勢

溶接規格では、すみ肉溶接の場合、「溶接金属の厚さ」は「のど厚」と読み替えて作業範囲を規定している。

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

発電用火力設備の溶接士

技能の資格は、溶接方法、試験材の区分、溶接姿勢の区分、溶接棒の区分、溶加材の区分、心線の区分の組合わせによって決まるが、その区分は溶接規格と同等である。また試験方法及び判定基準も同等である。

発電用火力設備の技術基準解釈の確認項目資格区分			溶接規格の確認項目資格区分		評価	
溶接方法の区分	A		溶接方法の区分 (表 WQ-311-1) (表 WQ-330-1)	A	溶接方法の区分は同じである。 溶接規格ではTとPAについて、注1.で「手溶接と半自動溶接を区分する。」ことの説明がある。	
	A0及びA			A, A0		
	G			G		
	T, TB, TF 及びTFB	手溶接		T(注1.) TB, TF, TFB		
				半自動溶接		
	M			M		
	M0及びM			M, M0		
	PA	手溶接	PA(注1.)			
		半自動溶接				
試験材の区分	アルミニウム又はアルミニウム合金以外	W-0	試験材の区分 (表 WQ-312-1) (表 WQ-330-6)	アルミニウム又はアルミニウム合金以外	W-0	試験材の区分は同じである。 W-0等の記号は、板厚や外径による区分である。
		W-1		W-1		
		W-2		W-2		
		W-3-0		W-3-0		
		W-3		W-3		
		W-4		W-4		
	アルミニウム又はアルミニウム合金	W-10	アルミニウム又はアルミニウム合金	W-10		
		W-11		W-11		
		W-12		W-12		
		W-13		W-13		
		W-14		W-14		
		W-15		W-15		

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

発電用火力設備の溶接士

発電用火力設備の技術基準解釈の確認項目資格区分			溶接規格の確認項目資格区分			評価
溶接姿勢の区分	W-0, W-1, W-2, W-10, W-11, W-12	f	溶接姿勢の区分 (表 WQ-312-1) (表 WQ-330-2)	W-0, W-1, W-2, W-10, W-11, W-12	f	有壁固定管の区分「r」は溶接規格では規定がないが、それ以外の溶接姿勢の区分は同じである。
		v			v	
		h			h	
		o			o	
	W-3-0, W-3, W-4, W-13, W-14, W-15	r		W-3-0, W-3, W-4, W-13, W-14, W-15	—	
	e		e			
溶接棒の区分	被覆アーク溶接棒	F-0	溶接棒の区分 (表 WQ-313-1) (表 WQ-330-2)	被覆アーク溶接棒	F-0	溶接棒の区分は同じである。
		F-0及びF-1			F-0及びF-1	
		F-0からF-2			F-0からF-2	
		F-0からF-3			F-0からF-3	
		F-0からF-4			F-0からF-4	
	ガス溶接棒	F-5		ガス溶接棒	F-5	
		F-6-1			F-6-1	
	被覆アーク溶接棒	F-6-2		被覆アーク溶接棒	F-6-2	
F-40X		F-40X(F-41~F-45)				
溶加材の区分	R-1X	溶加材の区分 (表 WQ-313-2) (表 WQ-330-3)	R-1X (R-1~R-5, R-10~R-12)	溶加材の区分は同じである。 R-5XとR-6Xは、記号は異なるが何れもステンレス鋼の区分である。		
	R-5X		R-6X (R-6~R-9)			
	R-20X		R-20X (R-21~R-23)			
	R-40X		R-40X (R-41~R-45)			
	R-51		R-51			
心線の区分	E-1X	心線の区分 (表 WQ-313-2) (表 WQ-330-4)	E-1X (E-1~E-5, E-10~E-12)	心線の区分は同じである。 E-5XとE-6Xは、記号は異なるが何れもステンレス鋼の区分である。		
	E-5X		E-6X (E-6~E-9)			
	E-20X		E-20X (E-21~E-23)			
	E-40X		E-40X (E-41~E-45)			
	E-51		E-51			

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

発電用火力設備の溶接士

試験方法及び判定基準の概要

発電用火力設備の技術基準解釈		溶接規格		評価
試験の方法		試験方法 (WQ-321(4)) (WQ-322(4))	<p>外観試験 ビードの形状, 溶接の始点及び終点の状況, 裏面の溶け込み状況, オーバラップ, アンダカット及びピットの状況、変形</p> <p>曲げ試験 JIS Z 3122</p>	発電用火力設備の技術基準解釈では、JIS Z 3801又はJIS Z 3811によることとしているが、その内容は溶接規格と同等である。
判定基準	<p>アルミニウム又はアルミニウム合金以外は、JIS Z 3801(1997)による。</p> <p>アルミニウム又はアルミニウム合金は、JIS Z 3811(2000)による。</p>	合否判定基準 (WQ-321(5)) (WQ-322(5))	<p>外観試験 各項目が著しく不良のものは不合格</p> <p>曲げ試験 曲げられた試験片の外面に次の欠陥が認められる場合は、不合格とする。</p> <p>(1) 3.0 mmを超える割れがある場合 (2) 3.0 mm以下の割れの合計長さが、7.0 mmを超える場合 (3) ブローホール及び割れの合計が、10個を超える場合 (4) アンダカット, 溶込不良, スラグ巻込みなどが著しい場合</p>	

3. (4) 溶接士技能確認試験

(b)「WQ-510 溶接士技能者及び溶接オペレータの資格更新方法」において、資格更新が機器の耐圧試験に合格した場合に加え、外観試験、曲げ試験又は放射線透過試験(管と管板の取り付け溶接の場合は浸透探傷試験及びのど厚測定試験、クラッド溶接の場合は側曲げ試験)でよいこととされました。外観試験、曲げ試験又は放射線透過試験が耐圧試験と同等である技術的根拠を示して下さい。

回答:次ページ以降に記載

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答

技術的根拠

外観試験、曲げ試験、放射線透過試験は耐圧試験とは異なる試験である。きずの検出性には違いがあるが、いずれにおいても溶接技能の維持を確認する点では同等とみなした。

- 外観試験は、構造物では耐圧試験と同時期に外観検査として確認している。
- 曲げ試験は、初回の確認試験時と同じ方法である。切り出した試験片で内部のきずを評価する。
- 放射線透過試験は、曲げ試験のように試験片で内部のきずを評価はしないが、溶接線全体が評価対象である。
- 構造物では、耐圧試験の代替として放射線透過試験は認められている。

3.(4) 溶接士技能確認試験

回答

技術的根拠

- 曲げ試験又は放射線透過試験のいずれで更新試験を行うかは、溶接前に選択し、溶接開始後は変更できない。
- 放射線透過試験できずが検出された場合、試験材の手直し溶接は許容しない。

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

規定を制定した理由

- 耐圧試験以外に更新方法を規定した理由は、有効期間内の構造物の溶接作業及び耐圧試験の有無によらず、計画的に技能の更新を行うためである。

更新試験方法の比較

試験方法	特徴	備考
耐圧試験	溶接線全体が評価対象 構造物の耐圧試験に合格することで従事した溶接士の技能を評価	溶接作業及び耐圧試験の有無によって更新可否が左右される
曲げ試験	初回の確認試験と同じ方法 切り出した試験片で評価	計画的に技能の更新を行うことができる
放射線透過試験	溶接線全体が評価対象 手直しは許容しない	

3. (4) 溶接士技能確認試験

(c)「表WQ-554-1 放射線透過試験」において判定基準は、JIS Z 3104 , JIS Z 3105 及びJIS Z 3107 の附属書4 の第1種及び第4種のきずは、2類以上を合格としています。2類以上で合格してよいとした技術的根拠を示して下さい。

<質問の背景>

○「表N-X100-1 放射線透過試験」では、溶接部の判定基準としてJIS Z 3104の附属書4の1類としています(コンクリート製原子炉格納容器を除く。)

回答:次ページ以降に記載

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答

技術的根拠

JISにおける2類の分類が「余盛は削除しないが、繰返し荷重を受けるか、又は強さが重要と考えられるもの」となっており、原子力発電設備に従事する溶接技能者の評価基準として妥当と判断した。

JIS Z 3104(1995)の解説から引用

6.きずの分類

…(前略)…

従来の等級分類では、きずによる疲れ強さの低下だけを考えてが、実験結果のほとんどは軟鋼板の突合せ継手の試験片に内部きずが存在する場合であり、特殊鋼、すみ肉溶接継手、表面欠陥等への適用等は考慮していない。各分類(従来の等級)に対応する建造物としては、次のように考えられた。

1類(従来の1級)繰返し荷重を受けて疲れ強さを特に考慮しなければならないもの、又は破壊によって重大な災害が起こる物で、余盛を削除するようなもの。

2類(従来の2級)余盛は削除しないが、繰返し荷重を受けるか、又は強さが重要と考えられるもの。

3類(従来の3級)疲れ強さを考慮しなくてもよいようなもの。

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

第4部 WQ-550 更新試験方法(解説)より

.....

この理由は次のとおりである。

- a) 更新試験は溶接士の技能評価を目的としており、**手直しを行わない前提での合格基準を設ける必要がある**。一方、JISでは、1類から4類までのきずの分類が行われているが、これは構造物に応じて、合格基準を定めるためのものである。
- b) 同JISの解説では、**1類(従来の1級)は「繰り返し荷重を受けて疲れ強さを特に考慮しなければならないもの、又は破壊によって重大な災害が起こるこので、余盛を削除するもの」**、2類(従来の2級)は、「余盛は削除しないが、繰り返し荷重を受けるか、又は強さが重要と考えられるもの」、3類は、「疲れ強さを考慮しなくてもよいもの」を構造物として想定している。
- c) これらのうち、試験材の溶接部で3類以上に合格する溶接技能者であれば一定の技能は有すると判断されるが、原子力用発電設備に従事する溶接技能者として2類以上とした。

また、ASME Sec.IX QW-302.2による体積試験(RT)で溶接技能者を認定する場合の基準と比べても遜色がないことから2類以上が妥当と判断した。比較を次ページ以降に示す。

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

放射線透過試験による技能更新試験の判定基準とASME Section IXとの比較

	ASME Sec. IX QW-191.1.2.2 下記の限界を超える欠陥を示した場合: 不合格	溶接規格の判定基準 表 WQ-554-1	比較
線形指示	(1)すべての種類の割れ、融合不良又は溶込み不良	(3)第3種のきず(割れ)は不合格とする。 (2)第2種のきず(融合不良、溶込み不良)は、不合格。	ASME、溶接規格とも割れ、融合不良、溶込み不良は不合格であるため同等である。
	(2)下記を超える長さの細長いスラグ巻込み (-a) t が $3/8$ in.(10mm)以下の場合 $1/8$ in.(3mm) (-b) t が $3/8$ in.(10mm)を超え $2-1/4$ in.(57mm)以下の場合 $1/3t$ (-c) t が $2-1/4$ in.(57mm)を超える場合は $3/4$ in.(19mm)	(2)スラグ巻込みは2類以上を合格とする。	JISには、ASMEのような図はなく、きず点数の総和で評価する。ASMEとJISでは差異がある。溶接規格では、ASMEに近いJIS 2類以上を合格とした。(57ページ左図)
	(3) $12t$ の長さ内で、線上に並んだスラグ巻込みの群の長さの合計が t を超えるもの。 ただし、その群の中の最長の欠陥の長さを L とした場合、連続する欠陥の間隔が $6L$ を超えている場合を除く。		JISではASMEの規定とは異なるが、線上にきずが存在した場合の規定がある。きず長さの許容限度は、2類では板厚の $1/3$ である。ただし、最大16mmで、板厚12mm以下の場合 4 mm。

3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

放射線透過試験による技能更新試験の判定基準とASME Section IXとの比較

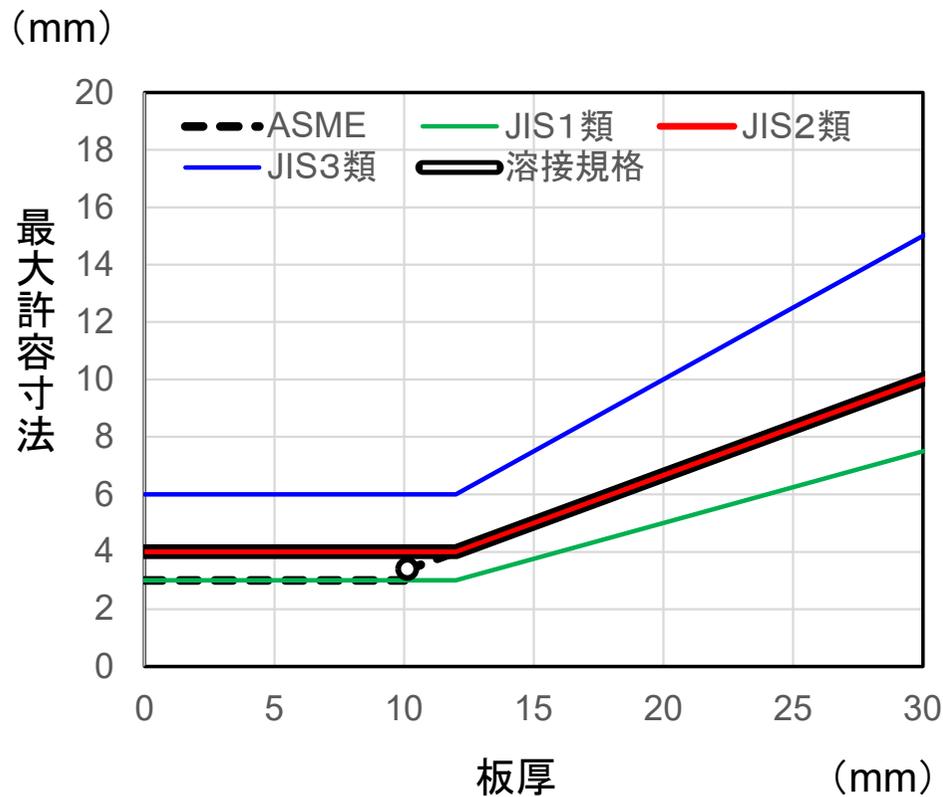
ASME Sec. IX QW-191.1.2.2 下記の限界を超える欠陥を示した場合: 不合格		溶接規格の判定基準 表 WQ-554-1	比較
円形指示	(1)円形指示の最大許容寸法は、材厚の20%又は1/8in.(3mm)のいずれか小さい方の寸法とする。	(1)第1種及び第4種のきずは、2類以上を合格とする。 ただし、板厚3.2mm以下は1類を合格とする。	JISでは、きずの寸法だけでなく、試験視野内のきず点数の総和で評価するため基準が異なる。 試験視野内にきずが1個として比較するとASMEと溶接規格では差がある。(57ページ右図)
	(2)材厚1/8in.(3mm)未満の材料の溶接部の場合 許容できる円形指示の最大数は、溶接長さ6in.(150mm)の間に12個以下。 6in. 未満の長さの溶接部については、円形指示の許容数は比例させて少ない数にする。		溶接規格では厚さ3mm未満の試験材は規定していないことから本項は比較対象外。
	(3)材厚1/8in.(3mm)以上の材料の溶接部の場合 図 QW-191.1.2.2(b)(4) は、クラスター状になっているもの、大小混じり合っているもの、不規則に分散している形状のものについて、最大許容できる円形指示を典型的に示したものである。最大直径が1/32 (0.8mm)未満の円形指示は、合否試験には考慮しない。		JISにはASMEのような図はなく、試験視野のきず点数の総和で評価する。 ASMEの図をJISに従い試験視野を10×10mmとして評価すると、3類又は4類となる。 溶接規格では板厚3.2mm以下は1類を、3.2mm超えは1類、2類を合格とした。

溶接規格ではJISの放射線透過試験方法の分類で判定基準を設けている。項目によってASME Section IXとの違いはあるが、ほぼ同等である。

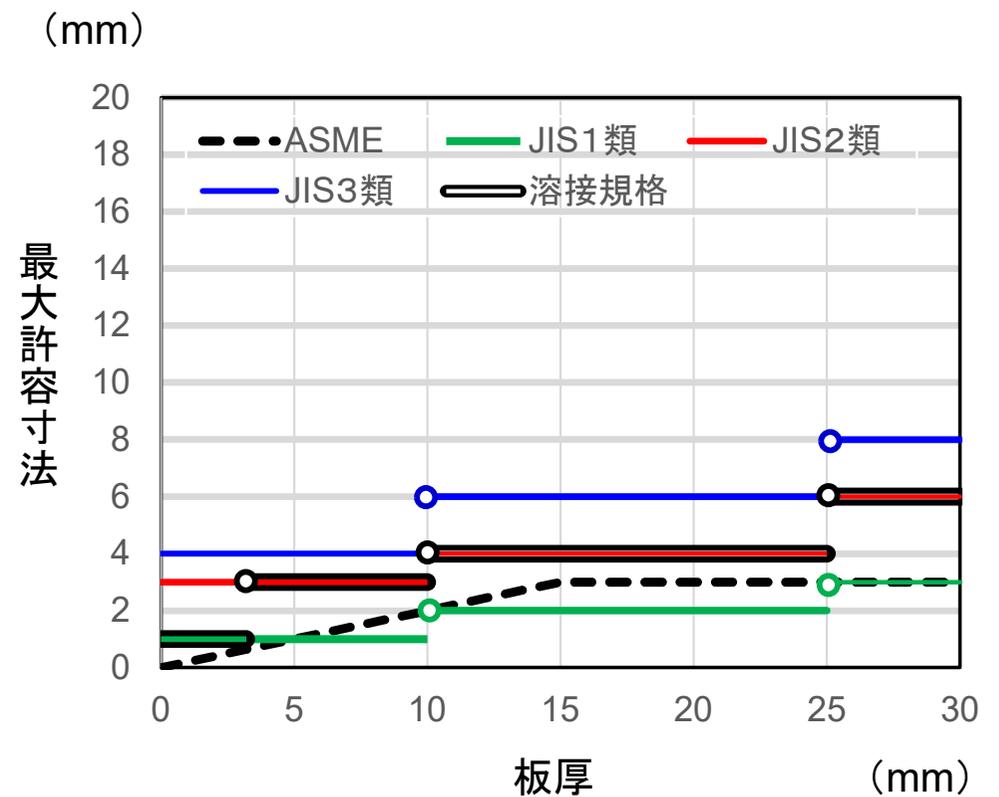
3. (4) 溶接士技能確認試験

回答(続き)

スラグ巻込みの最大許容寸法



円形指示の最大許容寸法



JISでは、きずの寸法だけでなく、試験視野内のきず点数の総和で評価する。試験視野内にきずが1個としてASMEと比較した。

3. (5) その他

(a)「N-1080 溶接部の表面」に「(2)アンダカットの深さの許容値は、0.8mm以下とし、かつ要求される断面の厚さが確保されるようにする。」を追加し、アンダカットの許容値を板厚に関係なく一律に0.8mmとした技術的根拠を示して下さい。

<質問の背景>

○アンダカットに関する許容値だが、規格が幾つか挙げられて、規格の目的に応じてどういう許容値を使ったという説明があった。ASMEのSection IIIが一番近いという話だが、構造物としては、そのほかにもISO 5817という溶接品質のものがあり、例えば、品質レベルBだと板厚にもよるが最大0.5とか、違うものがある。0.8にした根拠を丁寧に説明してほしい。

回答:次ページ以降に記載

3. (5) その他

回答

- ① ISO 5817を採用しなかった理由
 - 対象としている溶接プロセスは限定されており、JSME溶接規格と比較して対象としている範囲が狭いこと。
 - ISOは、品質要求レベルを規定したものであり、複数のレベルが規定されている。そのレベルに応じてアンダカットの許容値も0.5mmから1.0mmと幅があるが、各品質要求レベルの具体的な適用対象等の例示がなく、品質要求レベルの意図が不明であること。

3. (5) その他



回答(続き)

② 0.8mmの技術的根拠

- ASME Sec.IIIに記載の数値であるが、ASME Sec.III規格は、JSME溶接規格の用途に近く参考として最適と考えた。
- ASME Sec.IIIに記載の0.8mmという数値については、1/32インチからきており、溶接作業現場において一般的に守られるべきワークマンシップ(全ての溶接施工部位に対する仕上げ・手入れの程度)という観点で設定されているものと考ええる。

3. (5) その他

(b) 局部加熱により溶接後熱処理を行う場合の範囲について、2012年版の方法で溶接残留応力が低減されている技術的根拠を示して下さい。

<質問の背景>

○2012年版(2013年追補を含む。)の技術評価においては、局部溶接後熱処理の加熱範囲の変更に伴う残留応力低減について、技術的根拠の説明を求めたところ、文献[3]が提示されました。しかし、同文献からは、2007年版に規定されている加熱幅と、2012年版に規定されている加熱幅とでは残留応力に有意な違いがあり、この違いによる影響がないことを評価できませんでした。

回答: 次ページ以降に記載

3. (5) その他

回答

- 2012年版以降、ASMEを参考にした「Soak Band: 均一温度領域」を規定しており、それ以前の年版の「Heated Band: 加熱幅(溶接規格は「加熱範囲」)と意味が異なる。
- 2012年版の解説は、当時の産業界の混乱を反映し、「均一温度領域」と「加熱範囲」を混同した不適切な表現になっていた。(詳細については、次ページ参照)。
- この表現により、「**加熱幅＝均一温度領域**」という誤解を生み、誤解されたまま技術評価書が作成されてしまった。
(参考)「加熱幅」は、2007年版の解説図表-5.2において、「加熱範囲」の同義語として使用されていた。

3. (5) その他

回答(続き)

2012年版解説の不適切な表現(第4部-1-60頁抜粋)

c) 加熱範囲

局部熱処理における加熱範囲は、溶接熱影響部の硬化域及び溶接部・溶接部近傍母材部の溶接残留応力が高い領域を含み十分な熱処理の効果を期待するため、解説図表 N-X090-2-1 および解説図 表 N-X090-2-2 に示す例のような加熱範囲(均一温度領域) および保温範囲を考慮する必要がある。

局部熱処理では、規定の保持温度に保持すべき加熱範囲(解説図 表 N-X090-2-2 の均一温度領域)を確保し、被加熱部と加熱されない部分との温度こう配を緩やかにして材料に有害な影響を与えないように保温する必要がある。この場合において、可能であれば、容器または大口径配管の本体に管台、座または栓等を取り付ける溶接部は、熱処理による応力を均衡にするため、加熱側のみではなく、反対側も保温することが望ましい。

局部熱処理の場合の加熱範囲を溶接金属の最大幅の両側にそれぞれ母材の厚さまたは50mm のいずれか小さい値以上とする規定は、ASME Code Sec.III NB-4624.3 Local Heating の規定を参考にした。

局部熱処理の加熱範囲(均一温度領域)が「母材の厚さまたは50mm のいずれか小さい方以上」の場合、残留応力低減効果は、炉内熱処理の場合より少なくなると考えられるが、鋼材の高品質化により残留応力が存在しても十分な破壊靱性特性を有する材料が得られることから、実用上問題になる可能性は少ないと考えられるため、ASME Code Sec.III NB-4624.3 Local Heating と同様の規定とした。製品固有の使用環境等の観点より、局部熱処理の場合の残留応力低減程度を炉内熱処理と同等程度する必要がある場合は、JIS Z 3700 (2009) で規定されているように「加熱範囲(均一温度領域)は溶接金属止端部から母材の厚さの2倍以上」とすることが望ましい。

本来意図した内容

均一温度領域、
加熱範囲

均一温度領域(解説図
表 N-X090-2-2)

均一温度領域

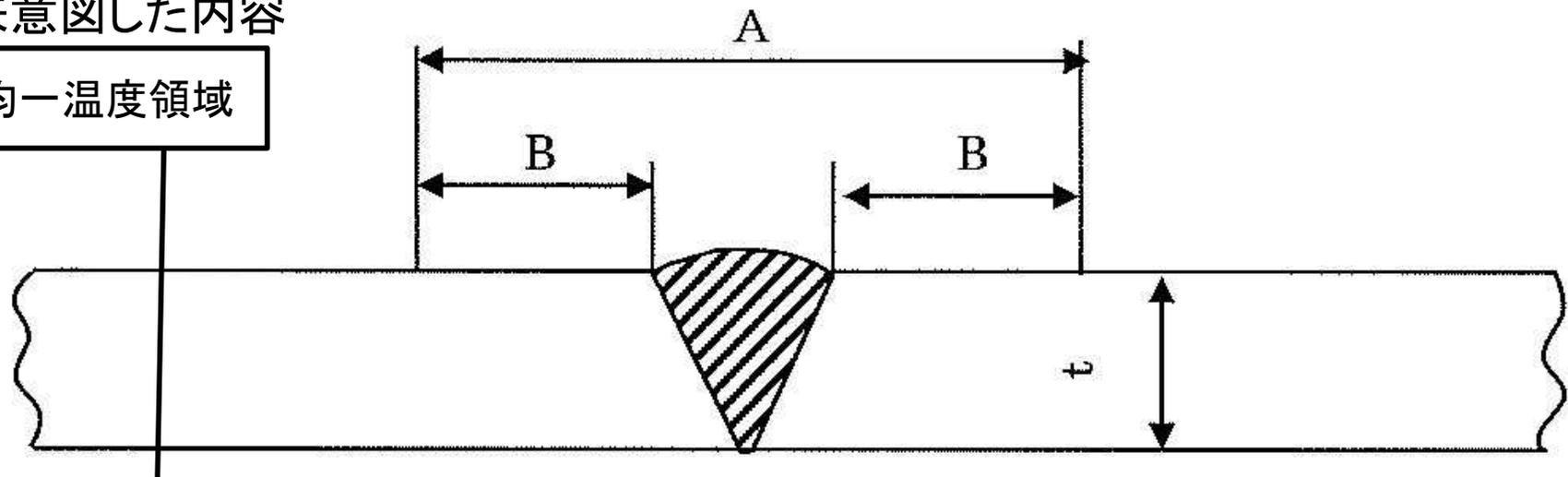
有効加熱幅(均一温
度領域)

3. (5) その他

回答(続き) 2012年版解説の不適切な表現(第4部-1-60頁抜粋)

本来意図した内容

均一温度領域



A : 加熱範囲 (均一温度領域)

B : 母材の厚さ (t) または 50mm のいずれか小さい値以上 (溶接金属止端部からの寸法)

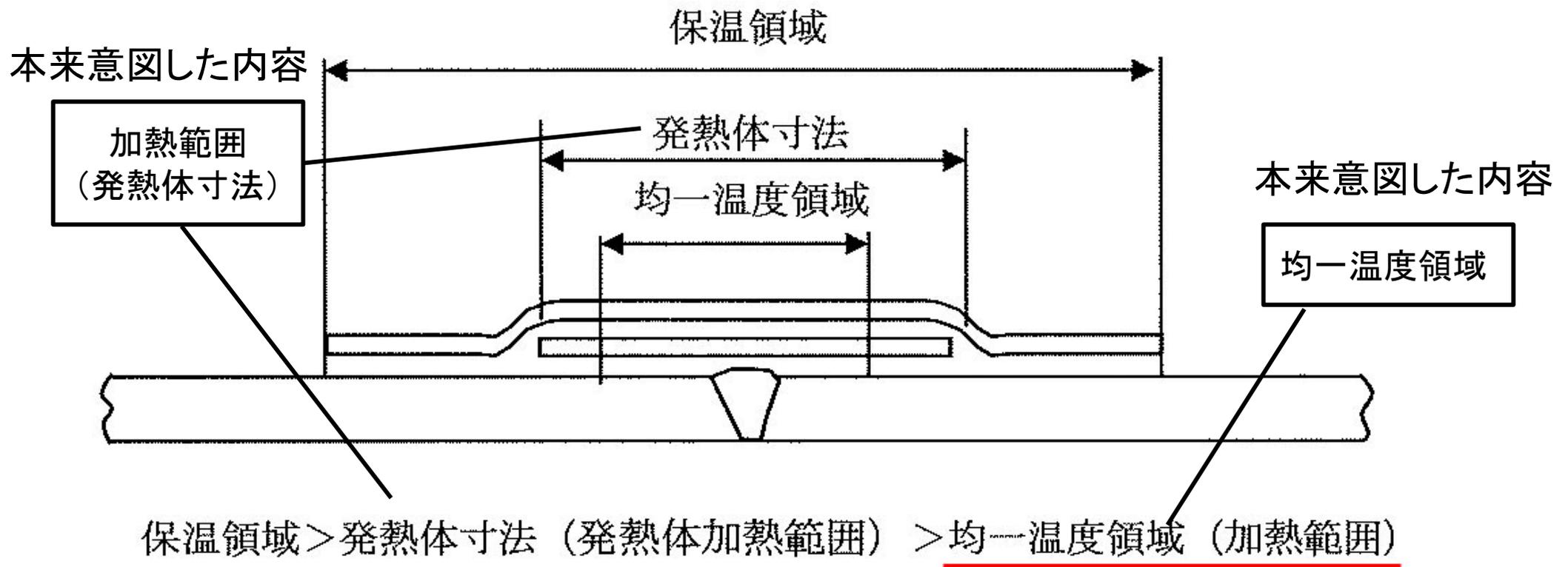
t : 母材の厚さ (母材の厚さは、解説表 N-X090-3-2 を参照すること)

解説図 表 N-X090-2-1 局部熱処理における加熱範囲

3. (5) その他

回答(続き)

2012年版解説の不適切な表現(第4部-1-61頁抜粋)



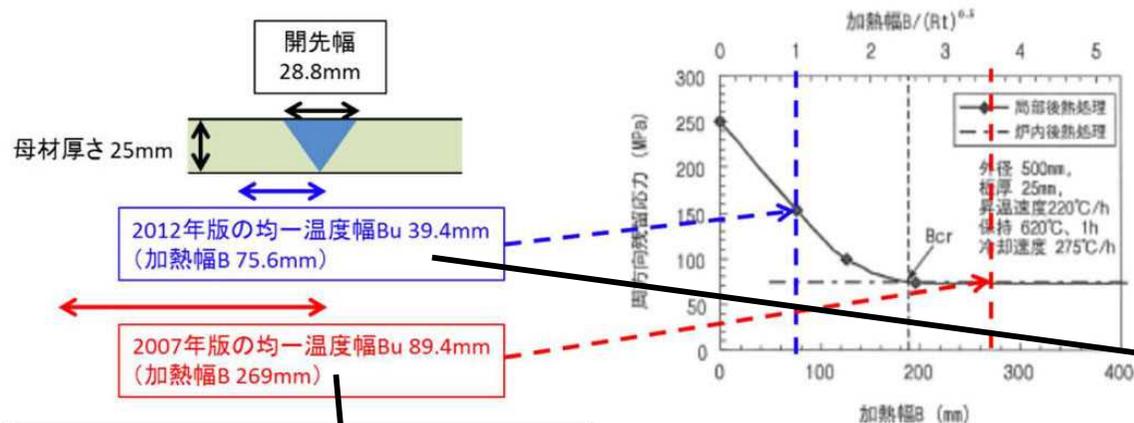
解説図 表 N-X090-2-2 局部熱処理における保温範囲

3. (5) その他

回答(続き)

2012年版解説の不適切な表現によって生じた誤解

日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格 (2012年版/2013年追補)」(JSME S NB1-2012/2013)に関する技術評価書(抜粋)



2007年版の規定による均一温度幅の場合、残留応力は炉内後熱処理時と同等まで低減されるが、2012年版の場合、残留応力の低減量は炉内熱処理時の約60%である。

図4-2 STPT480における加熱幅と溶接部中心での周方向残留応力との関係およびBcrの定義(解析)

図4 溶接規格 2007年版と2012年版に規定されている加熱幅の比較とSTPT480における加熱幅と溶接部中心での周方向残留応力との関係^[3]

[3] 「配管周継手局部溶接後熱処理時の加熱条件の適正化」火力原子力発電技術協会、vol56、No.6

2012年版は、ASMEを参考にして均一温度領域(Soak Band)を規定しているが、**加熱範囲(Heated Band)は規定していない。**
(溶接規格では「均一温度幅」という用語は用いておりません。)

2007年版は、旧省令と同じ**加熱範囲(Heated Band)を規定している**が、均一温度領域(Soak Band)は規定していない。規定に基づく加熱幅は、溶接部の最大幅を28.8mm(=開先幅)と仮定した場合に**100.8mm**(片側半分の幅)となる。

3. (5) その他

回答(続き)

- 局部熱処理における「均一温度領域」は、溶接後熱処理の温度範囲に保持しなければならない必要最小限の体積であり、この領域内に、溶接部および熱影響部(HAZ)が必ず含まれることを意図している。
- 溶接後熱処理は、母材とは異なる組織、性質になっている溶接金属及びHAZについて行うものであり、健全な母材について行う必要はない。
- 製造者は、「均一温度領域」を満足するように「加熱範囲(加熱幅)」を設定する。
- 2020年版は、外表面側から加熱する場合の「加熱範囲(加熱幅)」としてJIS Z 3700を引用し、 B_{cr} を推奨している。

3. (5) その他

回答(続き)

- 残留応力は、溶接中の熱変形を拘束することによって生じるが、溶接部を高温に加熱すると比較的短時間で開放される。
- 残留応力が低減されても、溶接部の材質が改善されなければ熱処理として不十分である。→熱処理温度に敏感
- 旧規定の「加熱範囲(加熱幅)」を満足しても、溶接部の内表面側が熱処理温度にならない(材質が改善されない)場合がある。
→この問題を解消するため、「均一温度領域」を採用した。
- 旧規定(加熱幅を規定したルール)は、拘束度の高い状態で熱処理を行った場合の残留応力の再分布が考慮されていない。
→注意すべき代表的な例を解説に記載した。

3. (5) その他

(b) 局部加熱により溶接後熱処理を行う場合の範囲について、2012年版の方法で溶接残留応力が低減されている技術的根拠を示して下さい。

<質問の背景>

「解説表 表N-090-1-1 FEM計算により求めた加熱範囲(炭素鋼)」の「溶接規格2011 追補以前」3.5tの加熱範囲が一番狭く、過去に『必要以上に広い範囲を加熱し、健全な母材部に悪影響を与える場合がある』として加熱範囲の見直しを行ったASME Sec.VIII (例; 95年版UW-40)と同等(配管の周溶接部を中心線の両側に完成溶接部の最大幅の3倍以上)だが、それより広いFEM計算により求めた加熱範囲は妥当と言えるのか。

回答

- 均一温度領域は、溶接金属、熱影響部及び隣接する母材からなり、熱処理温度に保持することが要求されるため、溶接残留応力は必ず緩和される方向であると考えられるが、定量的に評価した例は見当たらない。

3. (5) その他

回答(続き)

- 説明に用いたFEM計算例は、**厚肉大径になると、旧規定の加熱範囲(溶接部の最大幅の両側に $3t$ 以上の幅)では、「均一温度領域」を達成できない可能性があることを示唆している。**
(外表面から片側加熱を行った場合、内表面側が熱処理温度に達しない可能性があることを例示。)
- 必要となる加熱範囲は、被加熱物の寸法、形状、材質(特に熱伝導度)、拘束度、加熱方法等によって変化する。
- 一方、加熱によって有害な熱応力の生じる範囲が溶接部近傍に存在する場合は、両側加熱を採用するなど加熱方法を見直して、当該部が加熱範囲に含まれないようにする必要がある。
→ 加熱幅は、広ければ広いほど良いという訳ではない。