

Temp. No. ⑥：溶接後熱処理温度の改正（P-11A グループ番号 2 及び P-11B）

1. 現状

P-11A グループ番号 2 及び P-11B の溶接後熱処理（以下、PWHT という）温度は表⑥-1 のとおり 595℃以上 680℃以下（以下、当該温度範囲という）となっている。これは、母材の靱性が低下する焼戻し温度を避けた PWHT 温度を規定している ASME 規格に比べて高い温度となっている。

表⑥-1 火技解釈と ASME Sec.VIII の PWHT 温度の比較

規格・基準	表 No.	母材の区分	PWHT 温度(℃)	備考
火技解釈	別表第 21	P-11A Gr. 2 及び P-11B	595 以上 680 以下	
ASME Sec.VIII Div.1	Table UHT-56	P-No.11A Gr.4,5	540 以上 565 以下	火技解釈の P-11A Gr. 2 相当
		P-No.11B Gr.1~4,6,8	540 以上 595 以下	火技解釈の P-11B 相当

注：ASME Sec. I では P-11 材の使用が認められていないため、PWHT 温度の規定はない。

2. 目的

P-11A グループ番号 2 及び P-11B に該当する材料（以下、当該材料という）は別表第 1（鉄鋼材料）に掲げられていないが、当該温度範囲は、母材の靱性が低下する焼戻し温度を超えるおそれのある範囲であるため、これを改正する

3. 検討

(1) 焼戻し温度について

一般に、焼戻し温度を超える温度での熱処理は焼戻しによって期待される効果を低減させる。このことは 1988（昭和 63）年度版の技術基準の解説に「本体を構成する母材の焼戻し温度を超えた場合は、焼戻し効果が消失するために、焼戻し温度を超えないような配慮が必要である」としても記述されている。また、参考規格である ASME Sec. VIII Div.1 の UHT-56 でも「PWHT 温度は焼戻し温度を超えてはならない」と規定されている。さらに、JIS Z 3700 「溶接後熱処理方法」にも「焼入れ焼戻し鋼（調質高張力鋼）の場合の保持温度は、通常、焼戻し温度を超えてはならない」との記述がある。

(2) P-11A グループ番号 2 および P-11B について

P-11A グループ番号 2 に相当する材料は別表第 1 鉄鋼材料（その 1）に掲げられていない。同区分に相当する材料は、ASME 規格においては P-11A Gr. 4, 5 に分類されるもので、例えば、SA 533 B Cl. 3 が挙げられる。同材料は、

別表第1(その2) ASME規格材料に掲げられているSA 533 B Cl. 1等と化学成分や熱処理条件が同等であり、その相当材として規定されているSQV2A等(JIS G 3120)も化学成分や熱処理条件が同等であるが、最小引張強さがP-11Aグループ番号2の規定の範囲内に収まらないことからSQV2A等は同区分には分類されない。

P-11Bについては、相当する材料が別表第1 鉄鋼材料(その1)及び(その2) ASME規格材料のいずれにも掲げられていないものの、JIS B 8285(2010)の附属書Aに、母材の区分としてSHY685, SHY685N, SHY685NS(JIS G 3128)が例示されており、これと類似するASME規格材としてSA 517 Gr. A, B, E, Fがある。このASME規格材は、P-11B Gr. 1~4, 6, 8に分類される。

当該材料については発電用火力設備に適用された例はなく、このため、過去にトラブルは発生していないが、今後、同区分に分類される母材が使用された場合にトラブルが生じる懸念はある。したがって、PWHT温度を改正しておく必要はあると考えられる。ここで、母材の区分P-11Aグループ番号2については、化学成分および熱処理条件がSA533 B Cl. 3と同等であることから、600℃前後でのPWHTを避けたASMEの規定を参考に540℃以上565℃以下とすることは適切であると考えられる。また、母材の区分P-11Bについて、SHY685等の材料は焼入れ焼戻しの実施のみ規定され、保持温度や時間は規定されていないものの、ASME規格のSA 517 Gr. A等と類似であることを踏まえると、ASME規格における同材料の焼戻し温度である620℃を参考にして、PWHT温度を540℃以上595℃以下とすることは適切であると考えられる。

参考として、P-11Aグループ番号2及びP-11Bの母材の区分の定義及び材料例を添付⑥に示す。

(3) 火技解釈のPWHT温度に関する改正経緯

当該温度範囲はASME規格以外のJIS等の規格とも異なっており、また、技術的根拠に基づく当該温度範囲の妥当性が確認できなかったため、技術基準の制定・改正の経緯を調査した。表⑥-2に制定・改正履歴の概要を示す。

調査の結果、当該温度範囲である595℃以上680℃以下は1985(昭和60)年の改正の際に規定されたことが明らかとなった。これは、1977(昭和52)年版のASME Sec.III Table NB-4622.1-1で規定されたものと同じである。その後、1987(昭和62)年の溶接技術基準調査委員会の中でP-11材のPWHT温度に関するASME規格との相違に関する検討提案がなされ、1990(平成2)年にASME規格と整合させた改正案が作成されたが、改正まで至っていないことが明らかとなった。単に改正されないまま、今日に至っているもの考えられる。

なお、ASME Sec. III Table NB-4622.1-1では、1980(昭和55)年版にお

いて、11A Gr. 4 について PWHT 温度が 595°C 以上 680°C 以下から 540°C 以上 565°C 以下に変更されている。また、ASME Sec. VIII では、「11A Gr. 4」と「11B Gr. 1~6, 8」の PWHT 温度について、1977 (昭和 52) 年版から 540°C 以上 595°C 以下である。表⑥-3 に ASME 規格における P-11 材の PWHT 温度の改正履歴の概要を示す。

表⑥-2 技術基準の制定・改正履歴の概要

年版	P-11 材の PWHT に関する規定
S33 年版 (1958)	9%Ni 鋼の PWHT 温度の規定有り。 PWHT 温度：1,000~1,100°F (540~595°C) [参考：この版は、AWS のハンドブックにより規定したとの記載有り]
S40 年版 (1965)	9%Ni 鋼の区分が削除された。
S60 年版 (1985)	母材の区分 P-11A, B が追加、PWHT 温度は 595~680°C と規定された。これは、1977 (昭和 52) 年版の ASME Sec. III Table NB-4622.1-1 の値である (1977 (昭和 52) 年版を採用した理由に関する記載はない)。
—	1987 (昭和 62) 年に溶接技術基準調査委員会の中で ASME との相違に関する検討提案がなされ、1990 (平成 2) 年には ASME に整合させた改正案が作成されていたが、改正まで至っていない (改正されていない理由は不明)。

表⑥-3 ASME における PWHT 温度の改正履歴の概要

年 版	P-No.	主要成分	Sec.VIII Div.1 UHT-56	Sec.III Table 4622.1-1
1977 (S52)	11A Gr. 1	9%Ni 鋼	1,025-1,085°F (550-585°C)	—
	11&11A	9%Ni 鋼 ,1/2Mn-1/2Mo,他	—	1,100-1,250°F (595-680°C) →火技解釈と一致
	11A Gr. 4	1/2Mn-1/2Mo-Ni, 他	1,000-1,050°F (540-565°C)	—
	11B Gr. 1 ~6, 8	1/2Cr-1/4Mo-Si, 他	1,000-1,100°F (540-595°C)	—
1980 (S55)	11A Gr. 1	9%Ni 鋼	1,025-1,085°F (550-585°C)	—
	11A Gr. 4	Mn-1/2,Mo-1/2, Ni	1,000-1,050°F (540-565°C)	1,000-1,050°F (540-565°C) →温度改正
	11B Gr. 1 ~6,8	1/2Cr-1/4Mo-Si, 他	1,000-1,100°F (540-595°C)	—
2007 (H19)	11A Gr. 1	9%Ni 鋼	1,025-1,085°F (550-585°C)	—
	11A Gr. 4	Mn-1/2,Mo-1/2, Ni	1,000-1,050°F (540-565°C)	1,000-1,050°F (540-565°C)
	11B Gr. 1 ~6, 8	1/2Cr-1/4Mo-Si, 他	1,000-1,100°F (540-595°C)	—

4. 要請

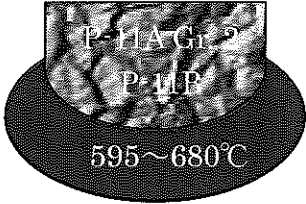
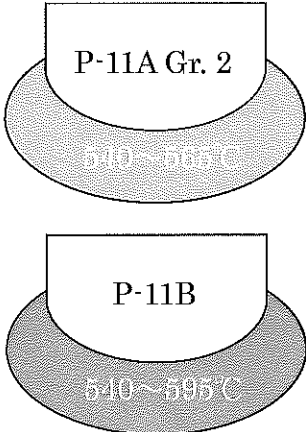
P-11A グループ番号 2 及び P-11B の PWHT 温度範囲を「595°C以上 680°C以下」から母材の靱性が低下するおそれのない P-11A グループ番号 2 では「540°C以上 565°C以下」に、P-11B では「540°C以上 595°C以下」に改正する。

5. 条項等

別表第 21 溶接後熱処理における温度範囲及び溶接部の厚さに応じた保持時間 (改正案の箇所に Temp. No.の⑥を記載)

6. イメージ

イメージを図⑥-1に示す。

溶接後熱処理温度の改正 (P-11A グループ番号 2 及び P-11B) のイメージ	
現行 (平成 28 年)	 <p>P-11A Gr. 2 P-11B 595~680°C</p> <p>P-11A グループ番号 2 及び P-11B の PWHT 温度範囲が 595~680°C では、靱性低下が懸念される。 ただし、実機に対して PWHT を実施した実績はない。</p>
検討	<p>靱性低下が懸念されない PWHT 温度範囲に ASME 規格等を参考として改正する。</p>
改正案	 <p>P-11A Gr. 2 540~595°C</p> <p>P-11B 540~595°C</p> <p>PWHT 温度範囲を靱性が低下するおそれのない、P-11A グループ番号 2 では「540°C以上 565°C以下」に、P-11B では「540°C以上 595°C以下」にする。</p>

図⑥-1 溶接後熱処理温度の改正
(P-11A グループ番号 2 及び P-11B) のイメージ

記載なしの頁

P-11A グループ番号 2 及び P-11B の母材の区分の定義及び材料例

P-11A グループ番号 2 及び P-11B の母材の区分の定義及び材料例を添付⑥表 1 および添付⑥表 2 に示す。

添付⑥表 1 P-11A グループ番号 2 の母材の区分の定義及び材料例

基準規格	母材の区分	標準合金成分	材料の例	熱処理条件*2 (°C)	PWHT 温度 (°C)
火技解釈	P-11A グループ番号2*1	Mn-0.5Mo-0.5Ni 鋼等	—	Q : 845~980 T : 595 以上	595 以上 680 以下
ASME	P-11A Gr. 4, 5	Mn-0.5Mo-0.5Ni 鋼等	SA 533 Type B, C, Cl. 3	Q : 845~980 T : 595 以上	540 以上 565 以下

*1 : 合金鋼であって、規格による最小引張強さが 660 N/mm² 以上 730 N/mm² 未満のもの (グループ番号 1 に掲げるものを除く)。母材の区分 P-11A(グループ番号 2) に相当する材料は別表第 1 鉄鋼材料(その 1)に掲げられていない。

同区分に相当する材料は、ASME においては P-11A Gr. 4, 5 に分類されるもので、例えば、SA533 B Cl. 3 が挙げられる。SA533 B Cl. 3 は別表第 1 (その 2) ASME 規格材料に掲げられている SA533 B Cl. 1 等と化学成分や熱処理条件が同等であり、したがって、その相当材として規定されている SQV2A 等 (JIS G 3120) も化学成分や熱処理条件が同等であるが、最小引張強さが P-11A グループ番号 2 の規定の範囲内に収まらないことから SQV2A 等は同区分には分類されない。

*2 : Q は焼入れを、T は焼戻しを示す。

添付⑥表 2 P-11B の母材の区分の定義及び材料例

基準規格	母材の区分	標準合金成分	材料の例	熱処理条件*2 (°C)	PWHT 温度 (°C)
火技解釈	P-11B*1	0.5Cr-0.25Mo-Si 鋼等	—	—	595 以上 680 以下
ASME	P-11B Gr. 1~4, 6, 8	0.5Cr-0.25Mo-Si 鋼等	SA517 Gr. A, B, E, F	Q : 900 以上 T : 620 以上	540 以上 595 以下

*1 : 合金鋼であって、規格による最小引張強さが 730 N/mm² 以上のもの。P-11B に相当する材料は別表第 1 鉄鋼材料(その 1)及び(その 2)ASME 規格材料に掲

げられていないものの、JIS B 8285(2010)の附属書 A に確認を行う母材の区分として SHY685, SHY685N, SHY685NS (JIS G 3128) が例示されており、これと類似する ASME 規格材として SA517 Gr. A, B, E, F がある。この ASME 規格材は、P-11B Gr. 1~4, 6, 8 に分類される。

*2 : Q は焼入れを、T は焼戻しを示す。