

Temp. No. ①：溶接士技能試験における条件付きでの溶接後熱処理（PWHT）の許容

1. 現状

溶接士技能試験は、試験体への PWHT を行ってはならないとされている。これは、JIS Z 3801(1997)「手溶接技術検定における試験方法及び判定基準」に基づいている。

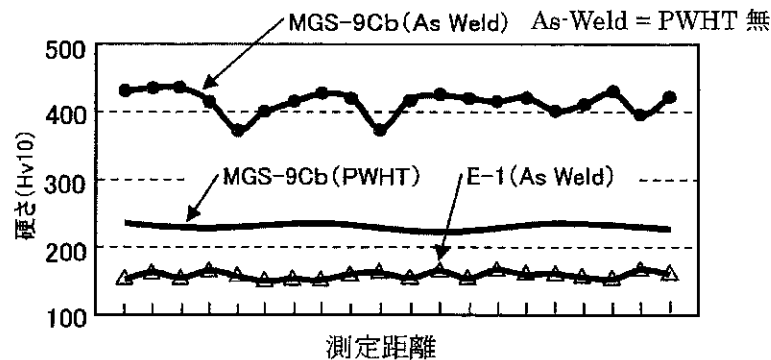
JIS Z 3801 は、PWHT が不要な試験体材料及び溶接材料による試験が要求されているため技能試験への影響はない。

2. 目的

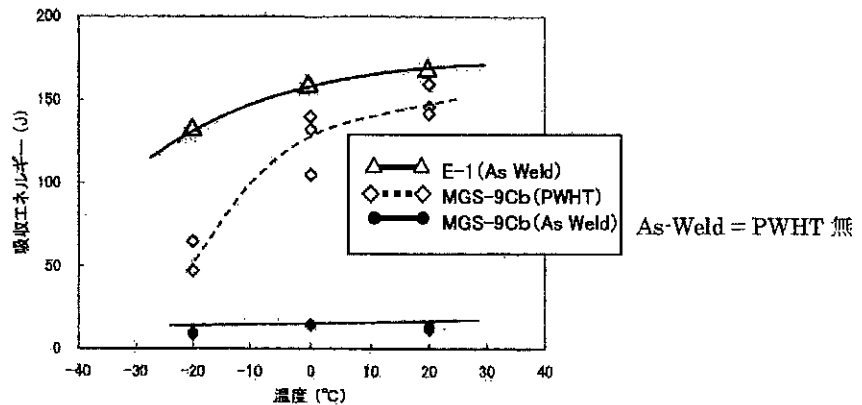
溶接士の技能に関係なく、PWHT を行わなければ適切な溶接が出来ない試験体材料及び溶接材料が存在する。この場合は、PWHT を行ってよいこととする。

3. 検討

PWHT を行わなければ適切な溶接が出来ない試験体材料及び溶接材料を用いた溶接を行い、PWHT の有無による溶接金属の硬さ、シャルピー吸収エネルギー及び曲げ試験を行い、PWHT の必要性を確認した。一例を図①-1、図①-2 及び表①-1 に示す。PWHT を行わない場合は、硬く、吸収エネルギーが低い。結果として割れ発生や破断により不合格となっている。これに対し、PWHT を行えば、割れ発生の無い良好な結果が得られる。



図①-1 溶接金属の硬さ試験（施工工場データ）



図①-2 シャルピー衝撃試験（施工工場データ）

表①-1 曲げ試験 (施工工場データ)

PWHTの有無	側曲げ試験	裏曲げ試験
無し	割れ発生 (不合格)	破断 (不合格)
有り	良好 (合格)	良好 (合格)
溶接方法 : M 溶接材料 : MGS-9Cb (9Cr-1Mo)		

4. 検討の経緯

a. 溶接士技能試験と実機での適用範囲における心線の区分

溶接士技能試験での心線と実機での適用範囲における心線の区分を表①-2 に示す。溶接士技能試験でのいずれかの心線で技能試験を行う。対応する実機での心線の区分の範囲内の溶接作業ができる (例 : 「E-1~E-4-2 及び E-10 のいずれか」で溶接士技能試験を行えば、実機での「E-1~E-4-2 及び E-10」の溶接作業ができる)。これは、技能試験における溶接性の違いによる大きな技術的差異がないものを同一区分とみなしている。区分されない心線は、心線の銘柄ごとに技能試験を行うこととしている。

実機での「E-1~E-4-2 及び E-10」の溶接作業を行いたい場合、通常は溶接性を考慮し E-1 の心線を用いて溶接士技能試験が行われる。E-1 の心線は、炭素鋼で溶接金属の成分が、A-1 に相当するものと区分されている。表①-3 に心線の種類を、表①-4 に溶接金属の主要成分を示す。

表①-2 溶接士技能試験での心線と実機での適用範囲における心線の区分

溶接士技能試験での心線	実機での心線の区分	備考
E-1~E-4-2 及び E-10 のいずれか	E-1~E-4-2 及び E-10	炭素鋼、低合金鋼及び ニッケル鋼
E-5~E-8 までのいずれか	E-5~E-8 まで	ステンレス鋼
E-21~E-23 までのいずれか	E-21~E-23 まで	アルミニウム及びアルミニ ウム合金
E-31~E-34、E-36 及び E-37 のいずれか	E-31~E-34、E-36 及び E-37	銅及び銅合金
E-41~E-45 までのいずれか	E-41~E-45 まで	ニッケル及びニッケル合金
E-51	E-51	チタン

表①-3 心線の種類

心線	種類
E-1	炭素鋼（溶接金属の成分が、A-1に相当するもの）
E-2	モリブデン鋼（溶接金属の成分が、A-2に相当するもの）
E-3	クロムモリブデン鋼（溶接金属の成分が、A-3に相当するもの）
E-4-1	クロムモリブデン鋼（溶接金属の成分が、A-4-1に相当するもの）
E-4-2	クロムモリブデン鋼（溶接金属の成分が、A-4-2に相当するもの）
E-5	マルテンサイト系ステンレス鋼（溶接金属の成分が、A-5に相当するもの）
E-6	フェライト系ステンレス鋼（溶接金属の成分が、A-6に相当するもの）
E-7	オーステナイト系ステンレス鋼（溶接金属の成分が、A-7に相当するもの）
E-8	オーステナイト系ステンレス鋼（溶接金属の成分が、A-8に相当するもの）
E-10	ニッケル鋼（溶接金属の成分が、A-10に相当するもの）
E-21	アルミニウム
E-22	アルミニウムマグネシウム合金
E-23	アルミニウムけい素合金
E-31	銅
E-32	けい素青銅
E-33	りん青銅
E-34	白銅
E-36	アルミニウム青銅
E-37	特殊アルミニウム青銅
E-41	ニッケル
E-42	ニッケル銅合金
E-43	ニッケルクロム鉄合金
E-44	ニッケルモリブデン鉄合金
E-45	鉄ニッケルクロムモリブデン合金
E-51	チタン

表①-4 溶接金属の主要成分

溶接金属 の区分	溶接金属の主要成分 (%)					
	C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
A-1	0.15 以下	-	-	-	1.60 以下	1.00 以下
A-2	0.15 以下	0.50 以下	0.40-0.65	-	1.60 以下	1.00 以下
A-3	0.15 以下	0.40-2.00	0.40-0.65	-	1.60 以下	1.00 以下
A-4-1	0.15 以下	2.00-5.00	0.40-1.50	-	1.60 以下	2.00 以下
A-4-2	0.15 以下	5.00-10.50	0.40-1.50	-	1.20 以下	2.00 以下
A-5	0.15 以下	11.00-15.00	0.70 以下	-	2.00 以下	1.00 以下
A-6	0.15 以下	11.00-30.00	1.00 以下	-	1.00 以下	3.00 以下
A-7	0.15 以下	14.50-30.00	4.00 以下	7.50-15.00	2.50 以下	1.00 以下
A-8	0.30 以下	25.00-30.00	4.00 以下	15.00-37.00	2.50 以下	1.00 以下
A-10	0.15 以下	-	0.55 以下	0.80-4.00	1.70 以下	1.00 以下

b. 検討経緯

溶接士技能試験において、心線の化学成分が溶接金属の区分 (A 区分) に該当しないものについては心線の銘柄が 1 区分となる。

9Cr 鋼や 12Cr 鋼の溶接に使用される心線の中には A 区分に該当しないものがある。これは溶接士の資格が銘柄区分となり、試験材 (母材) は 9Cr 鋼や 12Cr 鋼を使用することとなる。9Cr 鋼や 12Cr 鋼は溶接のままでは、靱性、延性が極めて乏しく、この状態で曲げ試験を行うと適切な評価ができないため、PWHT によって焼き戻す必要がある。一例として、9Cr 鋼用の心線である MGS-9Cb の主要成分を E-4-2 と比較したものを表①-5 に示す。Mn が E-4-2 の区分に該当しないため MGS-9Cb (銘柄) が 1 区分となる。この場合は、溶接士技能試験において母材として 9Cr 鋼を用いて MGS-9Cb で溶接し、PWHT 後に曲げ試験を行う必要がある。

一方、溶接士技能試験では、その方法として JIS Z 3801 を引用しているため、「試験を通じて試験材料、試験材及び試験片は各種の処理 (熱処理、ピーニング、ビードの成形加工など) を行ってはならない」とされている。このため、9Cr 鋼や 12Cr 鋼も溶接のまま (PWHT を施工せず、靱性、延性が極めて乏しい状態) での曲げ試験が要求され適切な評価ができない。

表①-5 MGS-9Cb と E-4-2 の主要成分の比較

	主要成分 (%)					
	C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
MGS-9Cb	0.08	8.86	0.98	0.38	1.29	0.27
E-4-2	0.15 以下	5.00-10.50	0.40-1.50	-	1.20 以下	2.00 以下

5. MGS-9Cb の 1 検討結果で全体を包含できる考え方

改正提案では、PWHT が必要な鋼材として母材区分を P-5-2 (クロムモリブデン鋼であって、標準合金成分の合計が 5%を超え 12%以下のもの) 及び P-6 (マルテンサイト系ステンレス鋼) に限定しかつ標準成分で Cr が 9%以上のものとしている。これらの母材を成分が同等な共金系溶接材料で溶接する場合であって、溶接のままでは溶接部が著しく硬化する場合は、PWHT を行って良いものと限定している。その代表として MGS-9Cb の試験結果に基づいた改正提案を行っている。

実機にあつては、Cr が 9%以上の P-5-2 及び P-6 については必ず PWHT が要求される (表①-6)。これは、溶接のままでは十分な延性が確保できないことによつてい

このため、1 検討結果ではあるが、改正提案としては全体を包含したものとなっている。

表①-6 火枝解釈 別表第 23 PWHT を要しないもの (抜粋)

母材の区分	溶接部の区分	溶接部の厚さ (mm)	母材の炭素含有量 (%)	予熱温度 (°C)
別表第 9 に掲げ る P-5	容器の管台及び 管の周継手の溶 接部であつて、 クロムの含有量 が 3.0%以下で、 かつ、外径が 115mm 以下の 突合わせ溶接に よる溶接部	13 以下	0.15 以下	150 以上
P-6 は、記載なし (必ず PWHT が必要 : 説明者追記)				

6. 海外規格での規定状況

ASME 及び ISO での溶接士技能試験にお PWHT の適用規定を表①-7 に示す。両規格とも PWHT の適用は要求・許容されている。

表①-7 ASME, ISO での溶接士技能試験にお PWHT の適用規定

海外規格	ASME Sec. IX	ISO 9606-1
規定概要	施工法で PWHT が要求されている場合には、実施する。ただし、PWHT を行わなくともよい。	施工法に従つて、PWHT を実施する。

ASME Sec. IX : Welding and Brazing Qualifications

ISO 9606-1 : Approval testing of welders -- Fusion welding -- Part 1 : Steels

7. MGS-9Cb での過去の溶接士技能試験とこれから

MGS-9Cb を用いた溶接士技能試験は、平成 12 年以前の旧法において実績がある。この際は、指定検査機関に相談の上、PWHT の施工を実施している。実施に当たって、申請書に PWHT の施工を記載すると共に PWHT 施工の要領書を提出している。MGS-9Cb は、E-4-2 の区分に該当しないため MGS-9Cb（銘柄）で実機の溶接を行うこととなる。

現在、MGS-9Cb で溶接できる溶接士は存在しない（溶接士技能試験の合格後、2 年以内に実機の溶接安全管理検査に適合しない場合は、溶接士技能は消失する。適合した場合は、2 年間延長されるが、これが繰り返される）。近い将来、MGS-9Cb での溶接のニーズがある。

8. 提案



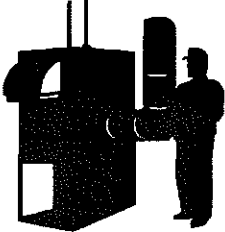
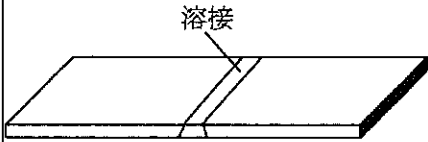
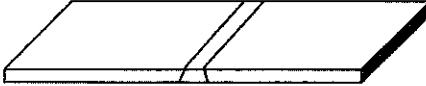
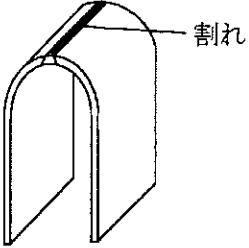
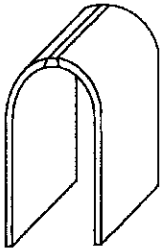
PWHT を行わなければ適切な溶接が出来ない試験体材料及び溶接材料を用いた溶接の場合は、溶接士技能試験において PWHT を行っても良いものとした。

9. 条項等

別表第 14 溶接士技能試験及び判定基準（改正提案の箇所に Temp. No. の①を記載）

10. イメージ

イメージを図①-3に示す。

溶接士技能試験 主要ステップ	現 状	改正提案
ステップ 1 溶 接		
ステップ 2 溶接後熱処理	不可	 条件付
ステップ 3 試験片加工		
ステップ 4 曲げ試験		
ステップ 5 合否判定	割れにより不合格	合格

図①-3 溶接士技能試験における条件付きでの溶接後熱処理 (PWHT) の許容のイメージ

