ステンレス鋼溶接の勘どころ(その2)

各種ステンレス鋼の溶接施工方法



独立行政法人 産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター 加工情報構造研究チーム

客員研究員 川 嶋 鷹

1. はじめに

ステンレス鋼は、耐熱、耐食、耐摩耗等の厳 しい環境化で使用される場合が多いので、正し い溶接施工要領に基づき施工しないと早期損傷 のトラブルになる事が多い。

従って、重要な機器では、製作開始前に適用 法規により JIS Z 3040「溶接施工法の承認試験 方法」又は ASME セクション に基づく試験 が要求される場合がある。両試験方法とも内容 的には、ほぼ同一であるが、若干異なる所もあ るので、適用に当っては詳細を確認のこと。こ の試験は、材料及び溶接法等が異なるごとに受 験の必要が生じる。

本稿では、各種ステンレス鋼 (5種類) に対して被覆アーク溶接法で施工する際の溶接作業標準とその試験結果 (実施例) を示し、若干JIS Z 3040 に基づく記述もした。

他の溶接法 (ティグ溶接,マグ溶接) についての溶接作業標準と実施例は、産総研の「加工技術データベース」(1) から閲覧できる。

2. ステンレス鋼の種類

ステンレス鋼 (錆びない鋼の意) とは、耐食性を向上させる目的で、クロム又はクロムとニッケルを含有させた合金である。一般にはクロム含有量が約 10.5% 以上の鋼をステンレス鋼と言い、主としてその組織によって、5つに分類されると JIS G 0203「鉄鋼用語」に定義されている。5つに分類されたステンレス鋼に対して

も以下のごとく定義している。

- (1) マルテンサイト系ステンレス鋼 焼入れすることによってマルテンサイト組織 となり硬化させることができるステンレス鋼。 13%クロム鋼がその代表的なものである。
 - (2) フェライト系ステンレス鋼

熱処理によって硬化せずフェライト組織を示すステンレス鋼。18クローム鋼がその代表的なものである。

(3) オーステナイト系ステンレス鋼

常温においてもオーステナイト組織を示すステンレス鋼。熱処理によって硬化せず,一般に非磁性である。18%クロム8%ニッケル (18-8) 鋼がその代表的なものである。

(4) オーステナイト・フェライト系ステンレ ス鋼

オーステナイトとフェライトの二相組織を示すステンレス鋼。

(5) 析出硬化系ステンレス鋼

アルミニウム,銅などの元素を少量添加し, 熱処理によってこれらの元素の化合物などを析 出させて硬化する性質をもたせたステンレス鋼。

各組織の代表的なステンレス鋼の物理的性質 を炭素鋼と比較して表1に示す。

炭素鋼に比べて、ステンレス鋼は比電気抵抗、 線膨張係数が大きく、熱伝導率が悪い等の物理 的性質が影響して、炭素鋼に比べて溶接電流が 高く出来ない、溶接変形が大きい等の特性があ るので、配慮が必要である。

表 1 各種ステンレス鋼と炭素鋼の物理的性質 (ステンレス鋼便覧第3版)

材料	密度 (常温) g /cm ³	比電気抵抗 (常温) 10 ⁻⁸ Ωm	磁性	比熱 (0~100℃) (kJ/kg℃)	熱伝導率 (100℃) (W/m℃)	縦弾性係数 (常温) kN/mm ²	線膨張係数 (0~100℃) (x10 ⁻⁶ /℃)
SUS304 ¹⁾	7.93	72	無	0.50	16.3	193	17.3
SUS410 ²⁾	7.7	57	有	0.46	24.2	200	10.99
SUS430 ³⁾	7.7	60	有	0.46	26.0	200	10.5
SUS329J4L ⁴⁾	7.80	88	有	0.46	16.3	196	10.5
SUS630 ⁵⁾	7.78	98	有	0.46	16.3	196	10.8
SS400 ⁶⁾	7.86	15	有	0.49	51.0	207	11

- 1)オーステナイト系ステンレス鋼
- 2)マルテンサイト系ステンレス鋼
- 3)フェライト 系ステンレス鋼
- 4)二相(オーステナイト+フェライト)系ステンレス鋼
- 5)析出硬化系ステンレス鋼
- 6)炭素鋼

ステンレス鋼の種類は多く、JIS G 4304「熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」を例に取っても60種類ほどある。化学成分、機械的性質および耐食性の記述は、紙面の関係で出来ないが、詳細を知りたい方はステンレス鋼便覧や参考資料の(2)、(3)等を参照のこと。

3. 各種ステンレス鋼の溶接施工方法

産総研の「加工技術データベース」の「アーク溶接」内には、各種ステンレス鋼に対する溶接作業標準が溶接法別(被覆アーク、ティグ、マグ)に記されており、パスワードを取得することにより無料で閲覧することが出来る。本稿では紙面の関係で、被覆アーク溶接法の溶接作業標準を抜粋して、各種ステンレス鋼の溶接施工方法を以下に記す。

3.1 使用溶接材料の決定

各種ステンレス鋼に使用する溶接棒は JIS Z 3221「ステンレス鋼被覆アーク溶接棒」にその 品質等が規定されている。使用溶接棒の決定に 当っては、この規格を満足するものを使用する

のが原則である。しかし、被覆アーク溶接棒には、規格では表現されていない作業性 (アークの安定性、スラグの剥離性、スパッタの発生量等)が、各社材種別に異なる問題がある。何れの溶接法にも共通することであるが、溶接性の良い溶接材料を選定することが重要な成功へのポイントになる。又、溶接棒は使用前にメーカの指定する温度で再乾燥を行う、再乾燥後の溶接棒が使用までに吸湿しないように保管する等、正しい使い方をすることが重要である。

- (1) マルテンサイト系ステンレス鋼の被覆アー ク溶接 (P 6×P 6 A・F 6)
- ・JIS Z 3040 では、マルテンサイト系ステンレス鋼は母材の区分 (P番号) が6で、被覆アークの溶接法の区分はAである。推奨溶接棒の区分は、D 410 が F 6、D410Nbが F 7 になる。他の鋼種については、括弧内にその記号を記す。
- ・マルテンサイト系ステンレス鋼の代表的鋼 種と推奨溶接棒を表 2 に示す。
- ・D410 と D410Nb のいずれを選択するかは, 使用される環境により異なる。D410Nb は

表 2 マルテンサイト系ステンレス鋼に対する推奨溶接棒

鋼種	SUS403	SUS410	SUS410S		
SUS403	D410				
SUS410	または				
SUS410S	D410Nb				

注) 鋼種は JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯の記号(SUS)を記した。

表 3 フェライト系ステンレス鋼に対する推奨溶接棒

鋼種	SUS405	SUS410L	SUS430	SUS430LX
SUS405	D410Nb		2	
SUS410L			D430又はD430Nb	
SUS430	D 420TI I + D 420NIh		D450X18D450ND	
SUS430LX	D430XI	D430又はD430Nb		

注) 鋼種は JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯の記号(SUS)を記した。

D410 と同程度の Cr 量 (13%) であるが Nb 添加によりフェライト組織の溶接金属 が得られ、溶接金属割れが発生し難い利点 があるが、硬さは D410 より軟らかい。硬さが必要な部位には、D410 (マルテンサイト組織) が推奨される。

- (2) フェライト系ステンレス鋼の被覆アーク 溶接 (P 7×P 7 A・F 7)
- ・フェライト系ステンレス鋼の代表的鋼種と して, 13Cr 系 (SUS405, 410L) と 17Cr 系 (SUS430, 430LX) がある。
- ・代表的鋼種に対する推奨溶接棒を表3に示す。
- ・13Cr 系の母材には、同成分系の D410Nb が、17Cr 系母材には、同成分系の D430 又は D430Nb が使用される。

- (3) オーステナイト系ステンレス鋼の被覆アー ク溶接 (P8×P8A・F8)
- ・オーステナイト系ステンレス鋼が最も種類 が多く(37種類),使用量も多い。
- ・使用量の多い代表的鋼種に対する推奨溶接棒を表4に示す。推奨溶接棒の選び方として、例えば SUS304 と SUS304L の異材継手を溶接する時に D308 又は D308L を推奨することが出来るが、この表では、コストメリットを考えて、安い方の棒を推奨した。異論がある場合は、高い方の D308Lを使用しても問題はない。
- (4) オーステナイト・フェライト系ステンレス鋼の被覆アーク溶接 (P 8B×P 8B A・F 8B)
- ・オーステナイト組織が50%・フェライト組

表 4 オーステナイト系ステンレス鋼に対する推奨溶接棒

鋼種	SUS304	SUS304L	SUS316	SUS316L	SUS321	SUS347
SUS304	D308	D308	D308	D308	D308	D308
SUS304L	D308	D308L	D308L	D308L	D308L	D308L
SUS316	D308	D308L	D316	D316	D316	D316
SUS316L	D308	D308L	D316	D316L	D316L	D316L
SUS321	D308	D308L	D316	D316L	D347	D347
SUS347	D308	D308L	D316	D316L	D347	D347

注) 鋼種は JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯の記号(SUS)を記した。

表 5 オーステナイト・フェライト系ステンレス鋼に対する推奨溶接棒

鋼種	SUS329J1	SUS329J3	SUS329J4
SUS329J1	D329J1	D329J1又lまJ3L用	D329J1又はJ4L用
SUS329J3	又は	101 WTD1+141 W	J3L用又はJ4L用
SUS339J4	J4L用	J3L用又はJ4L用	J4L用

注) 鋼種は JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯の記号(SUS)を記した。

表 6 析出硬化系ステンレス鋼に対する推奨溶接棒

鋼種	SUS630	SUS631
SUS630	D630	D630
SUS631	D630	仮称631

注) 鋼種は JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯の記号(SUS)を記した。

織が50%に調整された二相系のステンレス 鋼である。母材としては、JIS G 4304 に 3 鋼種 (表 5) 規定されている。

- ・溶接棒の規格 (JIS Z 3221) には D329 J1 の 1 種類しか無い。しかし、AWS (アメリカ溶接協会規格) には 3 種類ともあり、国内メーカ数社からも 3 鋼種に対する溶接棒が市販されている。
- ・表 5 には、市販されている溶接棒メーカの 記号を含めて推奨溶接棒を示す。Dの付い ていない J3L、J4L が市販溶接棒を仮称し た記号である。
- (5) 析出硬化系ステンレス鋼の被覆アーク溶接 (P 6×P 6 A・F 6)
- ・析出硬化系ステンレス鋼として JIS G 4304 には 2 種類 (表 6) ある。
- ・溶接棒 (JIS Z 3221) としては, D630 の 1 種類が規定されている。しかし, SUS

631 用の溶接棒も市販されている。

・表6には、市販されている溶接棒メーカの 記号を仮称して推奨溶接棒を示す。

3.2 溶接電源・極性・電流範囲

ステンレス鋼の被覆アーク溶接法に用いられる溶接電源は直流および交流がある。

何れの溶接電源を使用するかは、使用する溶接棒により異なる(溶接棒メーカの推奨)。

日本製の溶接棒のほとんどは、直流 (棒プラス:逆極性) および交流の両方が使用できる。 外国製のものは、直流専用棒が多い。従って、 購入した溶接棒のラベルやカタログに明示され ている推奨条件を守る必要がある。ステンレス 鋼溶接棒に対して推奨されている電流値を表7 に示す。

ステンレス鋼の比電気抵抗 (表 1) は炭素鋼の約5倍と大きいため、棒焼けが発生し易いの

表 7 ステンレス鋼被覆アーク溶接棒の推奨電流値

棒径(mm)→	2.6	3.2	4.0	5.0
溶接姿勢↓				
下向	50-90A	80-120A	110-150A	150-200A
立向	50-80A	65-110A	105-135A	
上向	50-80A	65-110A	105-135A	
炭素鋼(比較)	-	н	140-190A	-

で、炭素鋼溶接棒の適正電流値よりかなり低い 値になる。

表7から判るように棒径4mmで上限の電流値は、炭素鋼が190A、ステンレス鋼が150Aである。電流値を推奨値より上げ過ぎると溶接棒が焼けて途中でアークが乱れる等の問題が発生し、溶接棒が最後まで使用できなくなるので、経済的損失が大きい。

棒焼けの状態で溶接作業を続行すると、溶融 被覆が均一に移行せずシールドが乱れて、溶接 欠陥発生の原因にもなるので注意が必要である。

3.3 開先形状

- (1) ステンレス鋼は酸素アセチレンガス切断法 (炭素鋼切断の主流) では切断が出来ない。従って、一般的にはプラズマアーク切断法、レーザ切断法、機械加工、グランイダー等により切断や開先加工がなされる。
- (2) ステンレス鋼溶接の標準的な開先形状を 図1に示す。物理的性質(表1)が大きく 異なる為、溶融金属の湯流れ等が悪く、開

先角度は炭素鋼 (標準 = 60度) より広め (標準 = 80度) が一般的に用いられている。しかし、開先は狭いほど溶接量が少なくなるので、溶接品質が確保出来れば、溶接能率の向上、溶接歪量の低減等、利点が多くなる。従って、各社とも狭開先化の検討が進められており固定的なものではない。

3.4 予熱およびパス間温度

ステンレス鋼は種類によって焼入れ硬化性の 有るものと、無いものがあり、予熱が必要なも のと、必要でないものがある。炭素鋼のように、 母材の化学成分(炭素当量)から予熱温度が決 定できるような方法はステンレス鋼には無い。

(1) マルテンサイト系ステンレス鋼の被覆アー ク溶接

マルテンサイト系ステンレス鋼は、溶接割れ感受性の高い材料であり、割れ発生の防止上から予熱温度の設定が重要になる。 溶接割れは、水素による低温割れで、硬化性の高い材料ほど割れ感受性が高くなる。

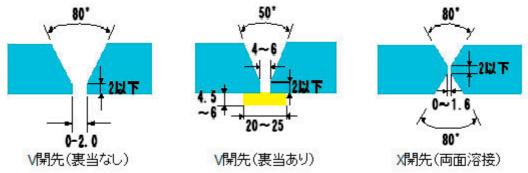


図 1 ステンレス鋼溶接の開先形状の一例

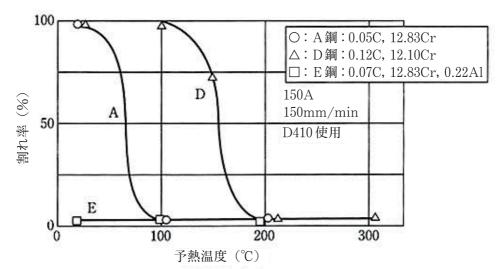


図 2 13Cr 系ステンレス鋼の溶接割れと予熱温度の関係 (Y型割れ試験結果)⁽³⁾

溶接割れ防止のための適正予熱温度は図2に示すように炭素量が高くなるほど高くなり、炭素量が0.12%のD鋼で200以上の予熱が必要になる。予熱は、母材が厚く拘束応力が大きいほど高い温度が必要であり、一概に適正温度を示すことは出来ないが、一般に200~400の間の予熱温度が採用されている。

D410Nb (フェライト系溶接棒)を使用する場合は、硬化性が少なく溶接金属の延性が高いので予熱温度を低くすることが出来る。

(2) フェライト系ステンレス鋼の被覆アーク 溶接

フェライト系ステンレス鋼の溶接割れは、水素に起因する低温割れと、結晶粒の粗大化に伴う脆化割れとがある。低温割れは、 予熱により防止できるが、結晶粒の粗大化は高温に加熱される時間を短くする必要があるので、高すぎる予熱温度は逆効果になる。

図2のE鋼 (フェライト系ステンレス鋼) のごとく、予熱は不要な場合もある。

母材が厚く、拘束応力が大きい場合には 100~200 の間の予熱温度が採用されて いる。

(3) オーステナイト系ステンレス鋼の被覆アーク溶接

オーステナイト系ステンレス鋼の場合は、溶接部が高温長時間に加熱されるほど、割れが (高温割れ) 発生し易くなるので、予熱は行わず、パス間温度を150 以下とするのが一般的である。

(4) オーステナイト・フェライト系ステンレ ス鋼の被覆アーク溶接

オーステナイト・フェライト二相系ステンレス鋼は、オーステナイト組織に生じる 高温割れとフェライト組織に生じる低温割れが懸念されるが、両組織とも溶接による 焼入れ硬化性は少ないので、予熱は通常必要としない。逆に、両組織とも高温における結晶粒の粗大化現象と金属間化合物の析 出による脆化現象があるので、材料の温度が上がらないように溶接入熱を制限すると共に、パス間温度を 150 以下に制限するのが一般的である。

(5) 析出硬化系ステンレス鋼の被覆アーク溶接

析出硬化系ステンレス鋼は、溶接割れ感受性の高い材料であり、割れ発生の防止上から予熱パス間温度の設定が重要になる。溶接割れ(低温割れ)は、母材の厚さ、溶接継手部の拘束度が大きくなるほど、割れが発生し易くなるので、高い予熱温度が必要になる。

一般的には 100~300 の間の予熱温度 が採用されている。

3.5 溶接準備

- (1) ステンレス鋼は溶接により変形を生じ易いので、十分拘束して溶接を行う等の事前の変形防止対策が重要である。
- (2) 溶接開始前に開先面および近傍の錆び, スケール,水分,油,塗料等の汚れを除去 すること。洗浄にはアセトン等の有機溶剤 が使用される。
 - *ステンレス鋼は、(その1) で示した通り、亜鉛等による低融点金属ぜい化割れ感受性が高いので、溶接部近傍に粉塵や汚れが付着しないような溶接作業環境の整備が必要である。炭素鋼の溶接作業等との混在を、出来るだけ避けること。
- (3) 溶接は全ての姿勢で施工可能であるが、 溶接性の良いのは下向き姿勢であるので、 回転ジグ等を工夫して、下向きで溶接する ことが望ましい。

3.6 溶接作業時の注意事項

- (1) 運棒はストリンガービード法が望ましく, ウィービングを行う場合には溶接棒径の 2.5 倍以下とするのが一般的である。
- (2) ステンレス鋼はクレータ割れが発生し易いので、発生した場合は割れをグラインダー等で除去後、次の溶接を行うことが望ましい。

- (3) 多層溶接を行う場合には、前のパスのスラグおよびスパッタを除去してから次のパスの溶接を行うこと。清掃に使用するワイヤブラシはステンレス鋼製の物を使用すること。(炭素鋼製のワイヤブラシをステンレス鋼に使用すると、ステンレス鋼表面に鉄粉が付着して、錆び発生の恐れがあるので使用しないこと)
- (4) 溶接部に欠陥が生じた場合には、その原 因を究明、対策を講じて、欠陥除去後に補 修溶接を行うこと。

3.7 溶接後熱処理

各種ステンレス鋼の溶接後熱処理温度と効果を以下に記す。保持時間,加熱および冷却速度等熱処理作業の詳細は,JIS Z 3700「溶接後熱処理方法」によること。

(1) マルテンサイト系ステンレス鋼

- ・マルテンサイト系ステンレス鋼は,溶接により図3に示すごとく硬化「As Weld (Hv375)」するので,通常は溶接後熱処理により均質化される。
- ・適正な溶接後熱処理温度としては,730~ 760 が推奨されている。

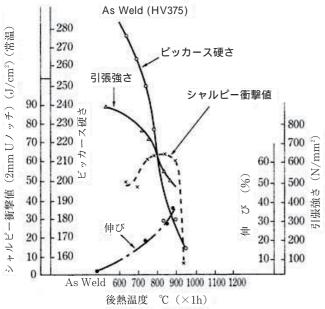


図 3 D410 溶接金属の溶接後熱処理による 機械的性質の変化⁽³⁾

・溶接のまま (As Weld) では、JIS Z 3040 の曲げ試験が不合格になる。

(2) フェライト系ステンレス鋼

- ・フェライト系ステンレス鋼の場合は、図4に示すごとく溶接のまま (AW) でも材質的に極端な変化はないので、溶接のままで使用される場合が多い。
- ・溶接後熱処理を行うと、シャルピー衝撃値 と伸びの改善が期待できる。
- ・適正な溶接後熱処理温度としては,760~785 が推奨されている。

溶接のままでも、JIS Z 3040 に合格できるが、 曲げに若干の不安がある。溶接後熱処理を行え

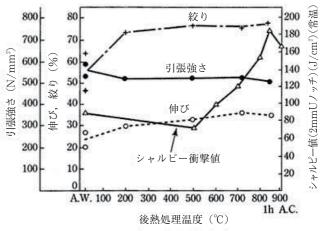


図 4 D410Nb 溶接金属の溶接後熱処理による 機械的性質の変化⁽³⁾

ば、硬さ等も均質化(改善)して安定して合格できる。

(3) オーステナイト系ステンレス鋼

- ・オーステナイト系ステンレス鋼は、溶接による材質劣化が少ないので溶接のままで使用されることが最も多い材料である。
- ・法規で溶接後熱処理が要求される場合,使 用環境が厳しく溶接残留応力を除去してお く必要がある場合等,において以下の熱処 理が採用されている。

固溶化熱処理:加熱温度約 1050 (耐食性,機械的性質の改善,溶接の残 留応力除去)

応力除去熱処理:加熱温度約 900 (溶接残留応力の除去)

安定化熱処理:加熱温度約900 (対象鋼種SUS321,347,耐食性の改善,応力除去)

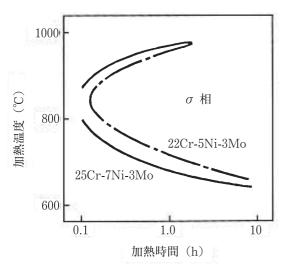


図 5 二相系ステンレス鋼の 相析出開始曲線(3)

- (4) オーステナイト・フェライト系ステンレス鋼(二相系ステンレス鋼)
- ・二相系ステンレス鋼は、溶接による材質劣 化が少ないので溶接のままで使用されるこ とが多い。
- ・厚板で多層溶接が施される場合等において、 二相系ステンレス鋼は図5に示すごとくシ グマ相(相)の析出開始時間が短いため、 溶接熱サイクルによりシグマ相が析出して 脆化する場合がある。この脆化は、図6に 示すごとく熱処理により改善できる。

適正な溶接後熱処理としては,1050 近 辺から急冷する固溶化熱処理が推奨されて いる。

(5) 析出硬化系ステンレス鋼

- ・析出硬化系ステンレス鋼は、熱処理条件により機械的性質をコントロールする材料である。他のステンレス鋼と異なり、熱処理により硬さ、強度を上昇させて、耐摩耗材等に使用するもので、当然、伸びが低くなり JIS Z 3040 の曲げ試験は不合格になる。その熱処理条件は多く又複雑であるので、詳細は JIS G 4303「ステンレス鋼棒」の附属書表 5 (析出硬化系の熱処理)を参照のこと。
- ・JIS Z 3040 の曲げ試験は、溶接部の伸びが 20% 以上の材料でないと合格できない。 SUS630、631は、10%前後の伸びしかない ので全て不合格になる。
- ・上記の問題の発生を避ける方法として、曲

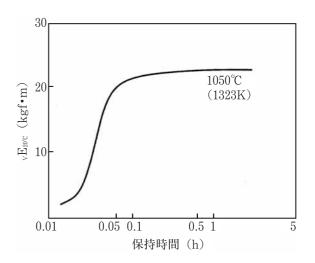


図 6 SUS329J4L の熱処理による 衝撃値の回復⁽³⁾

げ試験が要求されないようにする対策が必要である。即ち曲げ試験は完全溶け込みの溶接部に要求されるので、設計段階で部分溶け込みにするようにする。例えばこの種の材料はローラやレールに使用される場合が多いが隅肉溶接で固定する場合、これを完全溶け込みにせず、部分溶け込みの隅肉溶接にし、曲げ試験の要求を避ければ良い。

3.8 溶接部の検査

ステンレス鋼溶接部の欠陥検査法として, 一般的に下記の方法が採用されている。

- (1) JIS Z 2343 1 浸透探傷試験方法および浸 透指示模様の分類
- (2) JIS Z3106 ステンレス鋼溶接継手の放射線透過試験方法
 - *(1)は表面にある欠陥,(2)は内部を含めた欠陥の検査に活用されている。

3.9 溶接技能者の資格

ステンレス鋼の溶接に従事する溶接士は,通常,下記の試験に合格し,何れかの資格を有していることが必要である。溶接方法は,被覆アーク溶接,ティグ溶接,ガスシールドアーク溶接法の3種類がある。

- (1) JIS Z 3821 ステンレス鋼溶接技術検定に おける試験方法及び判定基準
 - *資格の取得方法は、日本溶接協会のホームページにあるので活用下さい。

3.10 溶接施工方法の確認試験結果

JIS Z 3040 (溶接施工方法の確認試験方法) に基づく試験項目および試験内容について、各種ステンレス鋼を被覆アーク溶接法 (溶接方法の区分:A)で施工した結果を表8~12 に示す。要求される試験項目および試験の内容は、5種類のステンレス鋼に対して同一条件である。すなわち、溶接継手部の機械試験は、引張が2本、曲げ(曲げ半径:2tR)が2枚(裏・表又は側曲げ)である。

使用環境によっては、衝撃試験が要求される場合もある。ここで、P 6 に分類されているマルテンサイト系と析出硬化系ステンレス鋼の曲げ試験が不合格になる問題があるので注意が必要である。

(1) マルテンサイト系ステンレス鋼(P 6) の被覆アーク溶接の実施例

SUS410 溶接継手部の試験結果を表8に示す。溶接部の硬さ分布から判るごとく、溶接のままでは溶接熱影響部に硬化した部分が有り、曲げ試験が不合格になる危険性が高いことがわかる。従って、機械試験は溶接後熱処理材について行ない全て合格した。

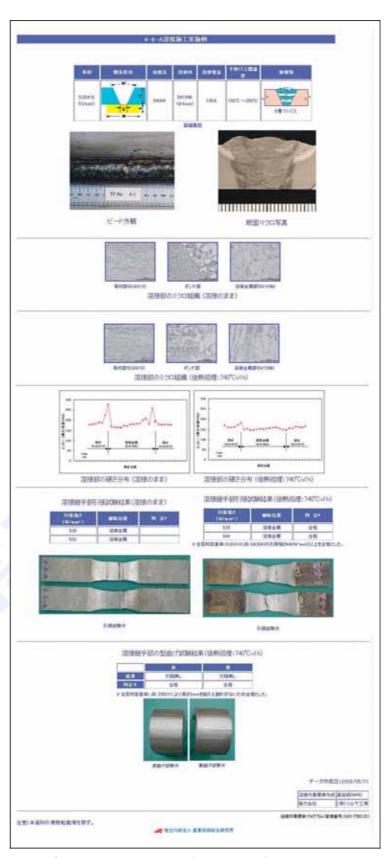


表 8 マルテンサイト系ステンレス鋼 (P 6) の 被覆アーク溶接の実施例

(2) フェライト系ステンレス鋼(P 7) の被覆アーク溶接の実施例

SUS430 溶接継手部の試験結果を表9に示す。溶接部の硬さ分布を見ると、溶接のままの硬さは、熱処理材より若干高く、不均一で曲げ試験の不合格が懸念される。機械試験は硬さの均質な熱処理材について行い、全て合格した。

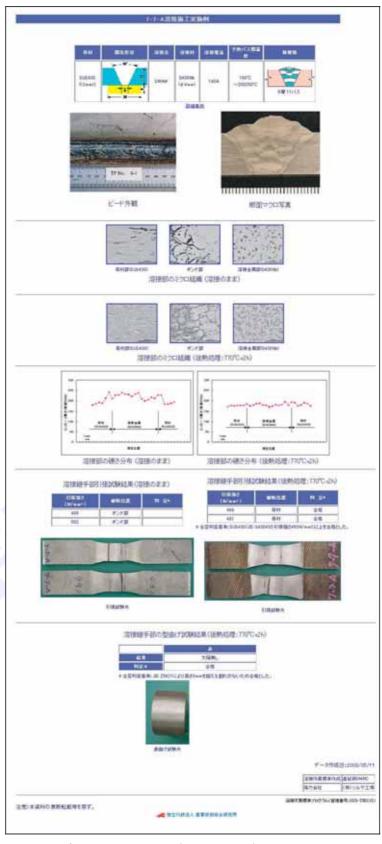


表 9 フェライト系ステンレス鋼 (P 7) の 被覆アーク溶接の実施例

(3) オーステナイト系ステン レス鋼 (P 8A) の被覆 アーク溶接の実施例

SUS304 溶接継手部の試験結果を表10に示す。オーステナイト系ステンレス鋼は、熱処理無しでも延性が高いので、溶接のままで全ての試験を行い、合格であった。

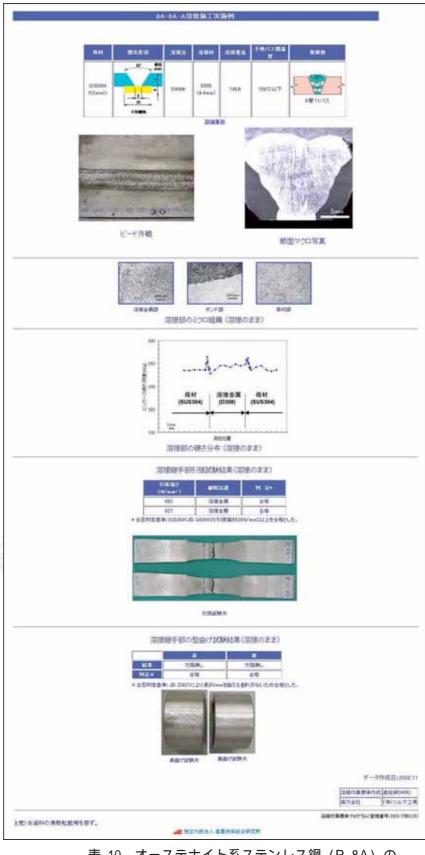


表 10 オーステナイト系ステンレス鋼 (P 8A) の 被覆アーク溶接の実施例

(4) オーステナイト・フェライト二相系ステンレス鋼(P 8B) の被覆アーク溶接の実施例

SUS329J4L 溶接継手部の試験結果を表 11 に示す。一般のオーステナイト系ステンレス鋼と同様に溶接による材質変化は少なく、溶接のままで全て合格であった。

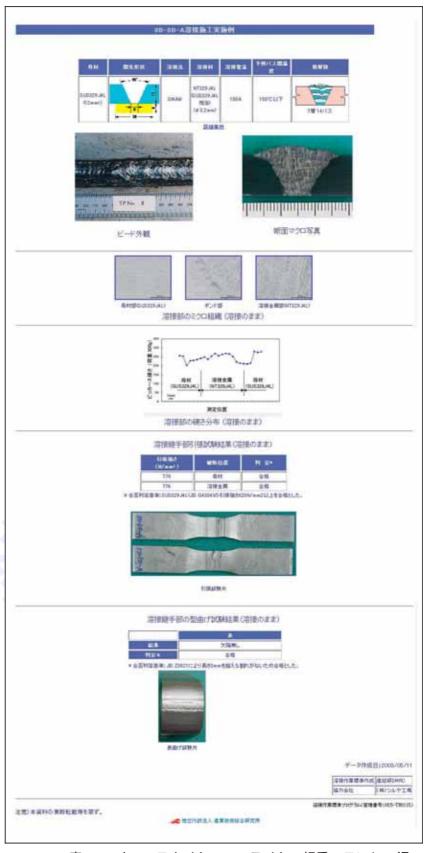


表 11 オーステナイト・フェライト二相系ステンレス鋼 (P 8B) の被覆アーク溶接の実施例

(5) 析出硬化系ステンレ ス鋼 (P 6) の被覆 アーク溶接の実施例

SUS 630 溶接継手部の試験結果を表 12 に示す。硬さ分布を見て判るごとく、ビッカース硬さ 300 以上あり、曲げ試験を行っても合格する可能性は無い。 役って、引張り試験のみ行った結果、規格の930N/mm²を十分満足する 1000N/mm²程度の値で合格であった。この材料の使用に際

この材料の使用に際 しては、曲げ試験が要 求されない、部分溶け 込みの溶接継手にして 使用すること。

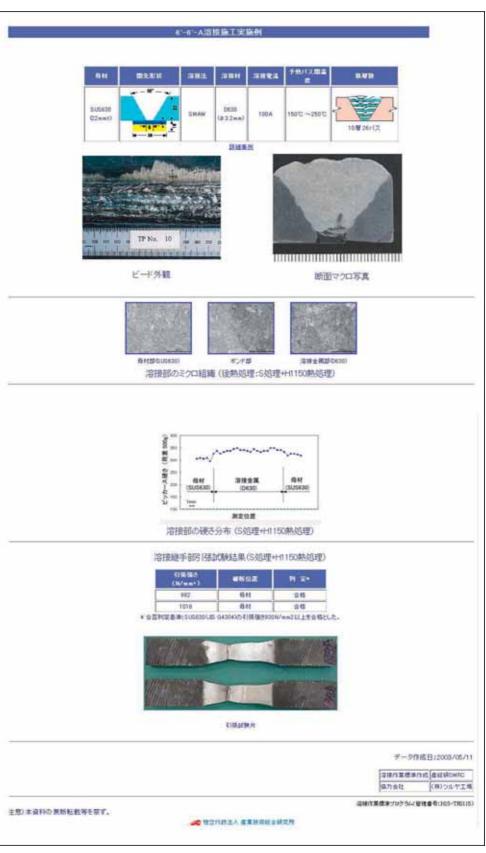


表 12 析出硬化系ステンレス鋼 (P 6) の 被覆アーク溶接の実施例

4. おわりに

各種ステンレス鋼の溶接施工方法について,被覆アーク溶接法の作業標準(*)を用いて「溶接の勘どころ」を示した。又,その溶接作業標準の信頼性を確認する為に,JIS Z 3040 に基づく試験結果を添付した。JIS Z 3040 では,ステンレス鋼の全鋼種(5種類)に対して同一の試験条件が要求されているので,曲げが不合格になる鋼種(析出硬化系ステンレス鋼)もある。この対策としては,設計段階で曲げ試験が要求されないように,溶接継手を部分溶け込みにする以外に無い。溶接工事を成功させるためには,設計段階からの配慮が必要であると共に,溶接士の技量が影響することも承知おき下さい。

最後に、本稿は公開している「産総研の溶接 作業標準」がベースになっている。この作品は、 所内外の沢山の方の協力を得て完成させたもの で、ご協力を頂いた関係者に深く感謝申し上げます。

又、本誌の愛読者におかれましては、これらの作品が少しでも、今後の生産活動でお役に立てれば幸いです。尚、産総研の溶接作業標準の構築作業は継続して実施中につき、皆様のご意見ご協力を頂ければ幸甚です。

次回は、以下の執筆を予定している。

・炭素鋼へのステンレス鋼肉盛溶接および炭素 鋼とステンレス鋼の異材継ぎ手溶接(その3)

<参考資料等>

- (1) 加工技術データベース・ステンレス鋼の各種溶接 方法作業標準、閲覧方法は http://unit.aist.go.jp/ dmrc/から利用申し込みの上、パスワードを取得 する。
- (2)「溶接・接合選書 1 1, ステンレス鋼の溶接」・産報出版㈱
- (3)「ステンレス鋼溶接トラブル事例集」・産報出版㈱