

第6章 本調査（調査結果の概要）

第6章 本調査（調査結果の概要）

本調査結果の概要は、下記の通りである。

1. 高度熟練技能者

(1) 事前ヒアリング調査結果

① 図面を見たときの作業イメージ

最初に作業を効率よく進めるため、どのような溶接姿勢をとるべきかを考える。次に、検査項目の内容を見て、どのような溶接品質が求められるかを考える。最後に、作業のしやすい状態はどういう状態かを考える。

② 丸鋼管溶接について

(a) 全 般

丸鋼管を見たとき、まず何層の溶接が必要かを鋼材の厚さを見て判断する（11mmの板厚なら3層による溶接）。

丸鋼管溶接で難しい点は、上向き姿勢溶接における裏波の出し方である。

裏波の状況は、溶融池の状況、アークが抜けている音の状況で判断する。溶融池にぶれが出るか出ないかのとき、襖に針で孔を開けた音が出ているとき、ちょうどいい状態の裏波が出ていると判断する。このタイミングの判断が、長年の経験から生み出されるカン・コツである。

厳密に言えば、溶融池の状態を見ているだけでは駄目で、溶融池の下側にも目を配る。

(b) 1層目溶接

裏波を出しながら溶接することがポイントである。

運棒は小さいUを描くように操作する。

(c) 2層目溶接

①欠陥が入らないようにすること、②最終層のビードがきれいに盛れるように下地をつくることがポイントである。また、1層目溶接のビードを溶かし過ぎないようにすることも必要である。3層溶接の中で最も重要なのは、2層目の溶接である。

運棒は大きいデルタ（ Δ ）を描くように操作する。

溶接がうまくいっているかどうかは、溶融池の状態で判断し、下向き姿勢溶接では溶融池がへこまないように、上向き姿勢溶接では溶融池がぶれないように配慮する。

もし溶融池が抜けるような危ない状況になったら、溶接のスピードを上げたり、状況に応じて溶接の角度を変えたりする。

(d) 3層目溶接

①外観がきれいになるように盛る（アンダーカットをなくしながら高さを一定に盛る）、②板厚に応じた盛り上がりになるようする（例、11mmの板厚なら、1.5～2mmが適正）ことがポイントである。

運棒は楕円形を描くように操作する。このとき楕円の大きさは常に同じ大きさになるようにする。また後退法で溶接すると垂れるため、必ず前進法で溶接する。

運棒は溶融池の大きさを見ながら手首中心で動かす。左手は右手に添えガイドとする。ひじは、全姿勢が可能になるよう材料等に固定し、身体に載せないようにする。

③ 板の溶接について

ポイントは丸鋼管溶接と同じで、溶融池の状態や音の状況を見て裏波の状態を判断する。

運棒は楕円形を描くように操作する。その際、ウィービングが必要である。

通常、板の溶接では1層目溶接と2層目溶接は異なる電流値で行うが、これらが等しい丸鋼管溶接への応用という観点で行うため、1層目溶接と2層目溶接は同じ電流値で溶接する。

④ 加工経験

溶接業務経験は29年で、主に火力・原子力発電の熱交換器の溶接に携わってきた。

手作業の溶接では、板厚36mmまで経験がある（機械溶接では160mmまで）。

これまで難しかった溶接作業は、異材のつぎはぎで、①ステンレスと軟鋼、②SAS 316（溶着後、しばらくすると応力が働き、割れなどが発生する）などで苦労した。

持っている技能資格は、経済産業省の半自動オールポジション、被覆アーク、軟鋼器具のオールポジションなどである。

⑤ 撮影のポイント

①作業者の身体の動き、②トーチの角度、③溶融池の状態がポイントである。特に、アークの光が明るく、遮光ガラスを通じて対象物を撮影するので、ビデオカメラでは溶融池の状態を把握しにくいので、これをいかにうまくとるかが重要である。

身体はかなり動かす。各層の溶接時間は1～1.5分であるが、2層目溶接は盛る作業があるため、長くなる。

ポイントをナレーションで入れる。

(2) 実作業

① 撮影記録

高度熟練技能者の撮影用の溶接作業は、表6-1の手順で実施された。

なお、板の溶接では、通常電流値（180A）でも低電流値（120A）でも、1層目の溶接については、同じ電流値（120A）で行われるため、撮影を効率的に行う観点から、撮影を割愛した。

表6-1 高度熟練技能者の撮影用の溶接作業手順

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
1	準備手順風景	9:52:37	10:39:54	0:47:17
2	丸鋼管溶接の試技 1層目溶接 時計回り①上向き姿勢溶接	10:53:55	10:54:12	0:00:17
3	姿勢を修正した			
4	1層目溶接 時計回り②立向き姿勢～下向き姿勢	10:54:17	10:54:51	0:00:34
5	2層目溶接 時計回り①上向き姿勢溶接	10:54:58	10:55:31	0:00:33
6	姿勢を修正した			
7	2層目溶接 時計回り②立向き姿勢～下向き姿勢	10:55:35	10:56:27	0:00:52
8	丸鋼管溶接(実技) 低電流(120A) 1層目溶接 時計回り①上向き姿勢溶接	11:12:20	11:12:54	0:00:34
9	アークを切り、姿勢を修正した			
10	丸鋼管溶接 低電流(120A) 1層目溶接 時計回り②立向き姿勢～下向き姿勢	11:13:03	11:14:26	0:01:23
11	丸鋼管溶接 低電流(120A) 1層目溶接 反時計回り①上向き姿勢溶接	11:14:42	11:15:24	0:00:42
12	アークを切り、姿勢を修正した			
13	丸鋼管溶接 低電流(120A) 1層目溶接 反時計回り②立向き姿勢～下向き姿勢	11:15:38	11:16:46	0:01:08
14	アーク微調整をした			

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
15	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 反時計回り①上向き姿勢	11:17:50	11:19:14	0:01:24
16	アークを切り、姿勢を修正した			
17	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 反時計回り②立向き姿勢～ 下向き姿勢	11:19:21	11:21:16	0:01:55
18	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 時計回り①上向き姿勢	11:21:30	11:22:36	0:01:06
19	アークを切り、姿勢を修正した			
20	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 時計周り②立向き姿勢～上 向き姿勢	11:22:44	11:24:49	0:02:05
21	アーク微調整をした ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
22	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 反時計回り①上向き姿勢	11:26:25	11:27:32	0:01:07
23	アークを切り、姿勢を修正した			
24	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 反時計回り②立向き姿勢～ 下向き姿勢	11:27:38	11:30:11	0:02:33
25	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 時計回り①上向き姿勢	11:32:19	11:33:24	0:01:05
26	アークを切り、姿勢を修正した			
27	丸鋼管溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 時計回り②立向き姿勢～下 向き姿勢	11:33:31	11:35:37	0:02:06
28	9 mm板の溶接 低電流 (120A) 1層目溶接 前進法	14:18:04	14:19:08	0:01:04
29	9 mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 前進法	14:21:19	14:21:38	0:00:19
30	9 mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 後退法	14:22:00	14:22:35	0:00:35

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
31	アーク微調整をした			
32	9mm板の溶接 通常電流（180A） 3層目溶接 前進法	14:23:13	14:24:03	0:00:50
33	9mm板の溶接 通常電流（180A） 3層目溶接 後退法	14:24:25	14:25:00	0:00:35
34	9mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 前進法	14:27:49	14:28:29	0:00:40
35	9mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 後退法	14:28:46	14:29:32	0:00:46
36	9mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 前進法	14:29:54	14:30:39	0:00:45
37	9mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 後退法	14:30:57	14:31:36	0:00:39
38	12mm板の溶接 低電流（120A） 1層目溶接 前進法	14:36:57	14:38:08	0:01:11
39	12mm板の溶接 通常電流（180A） 2層目溶接 前進法	14:39:45	14:40:06	0:00:21
40	アーク微調整をした ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
41	12mm板の溶接 通常電流（180A） 2層目溶接 後退法	14:40:24	14:40:56	0:00:32
42	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
43	12mm板の溶接 通常電流（180A） 3層目溶接 前進法	14:41:43	14:42:12	0:00:29
44	12mm板の溶接 通常電流（180A） 3層目溶接 後退法	14:42:28	14:42:59	0:00:31
45	アーク微調整をした ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
46	12mm板の溶接 通常電流（180A） 4層目溶接 前進法	14:44:20	14:44:59	0:00:39
47	12mm板の溶接 通常電流（180A） 4層目溶接 後退法	14:45:16	14:45:51	0:00:35

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
48	12mm板の溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 前進法	14:47:49	14:48:20	0:00:31
49	12mm板の溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 後退法	14:48:40	14:49:22	0:00:42
50	12mm板の溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 前進法	14:49:48	14:50:27	0:00:39
51	12mm板の溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 後退法	14:50:47	14:51:35	0:00:48
52	アーク微調整をした ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
53	12mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目溶接 前進法	14:52:29	14:53:22	0:00:53
54	12mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目溶接 後退法	14:53:38	14:54:28	0:00:50
55	19mm板の溶接 低電流 (120A) 1層目溶接 前進法	15:02:02	15:03:02	0:01:00
56	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 前進法	15:04:23	15:04:52	0:00:29
57	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 後退法	15:05:09	15:05:38	0:00:29
58	アーク微調整をした			
59	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 3層目溶接 前進法	15:06:59	15:07:28	0:00:29
60	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 3層目溶接 後退法	15:07:48	15:08:26	0:00:38
61	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 4層目溶接 前進法	15:08:46	15:09:17	0:00:31
62	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 4層目溶接 後退法	15:09:39	15:10:18	0:00:39
63	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
64	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目1パス目溶接 前進法	15:11:10	15:11:29	0:00:19
65	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目2パス目溶接 前進法	15:12:03	15:12:28	0:00:25
66	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目1パス目溶接 後退法	15:12:46	15:13:07	0:00:21
67	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目2パス目溶接 後退法	15:13:24	15:13:55	0:00:31
68	アーク微調整をした ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
69	19mm板の溶接 通常電流（180A） 6層目1パス目溶接 前進法	15:14:54	15:15:24	0:00:30
70	19mm板の溶接 通常電流（180A） 6層目2パス目溶接 前進法	15:15:39	15:16:05	0:00:26
71	19mm板の溶接 通常電流（180A） 6層目1パス目溶接 後退法	15:16:24	15:16:52	0:00:28
72	19mm板の溶接 通常電流（180A） 6層目2パス目溶接 後退法	15:17:07	15:17:37	0:00:30
73	19mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 前進法	15:19:55	15:20:27	0:00:32
74	アーク微調整をした			
75	19mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 後退法	15:20:50	15:21:34	0:00:44
76	19mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 前進法	15:21:56	15:22:31	0:00:35
77	19mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 後退法	15:22:54	15:23:42	0:00:48
78	アーク微調整をした／ハンマーを使用し、 スラグの清掃を行った			
79	19mm板の溶接 低電流（120A） 4層目1パス目溶接 前進法	15:25:00	15:25:28	0:00:28

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
80	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目2パス目溶接 前進法	15:25:45	15:26:20	0:00:35
81	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目1パス目溶接 後退法	15:26:37	15:27:06	0:00:29
82	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目2パス目溶接 後退法	15:27:27	15:28:02	0:00:35
83	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
84	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目1パス目溶接 前進法	15:29:02	15:29:32	0:00:30
85	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目2パス目溶接 前進法	15:29:53	15:30:29	0:00:36
86	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目1パス目溶接 後退法	15:30:47	15:31:23	0:00:36
87	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目2パス目溶接 後退法	15:31:41	15:32:26	0:00:45
88	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
89	19mm板の溶接 低電流 (120A) 6層目1パス目溶接 前進法	15:33:31	15:34:11	0:00:40
90	19mm板の溶接 低電流 (120A) 6層目2パス目溶接 前進法	15:34:31	15:35:10	0:00:39
91	19mm板の溶接 低電流 (120A) 6層目1パス目溶接 後退法	15:40:39	15:41:12	0:00:33
92	19mm板の溶接 低電流 (120A) 6層目2パス目溶接 後退法	15:41:29	15:42:06	0:00:37

② 観察項目

（a）溶接準備

高度熟練技能者は、溶接作業を開始する前、アーク調整用として用意された金属を用いて、アークを試験的に発生させ、電流値の調整を行った（図6-1）。

これは、①の撮影記録に記されている通り、ほとんど全ての溶接作業を行う前に行われた。

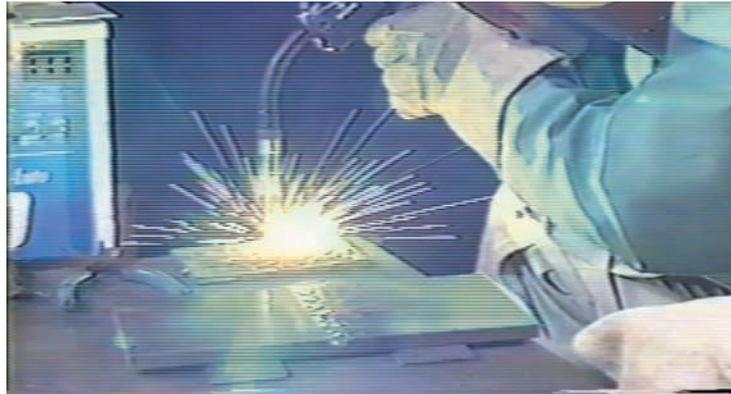


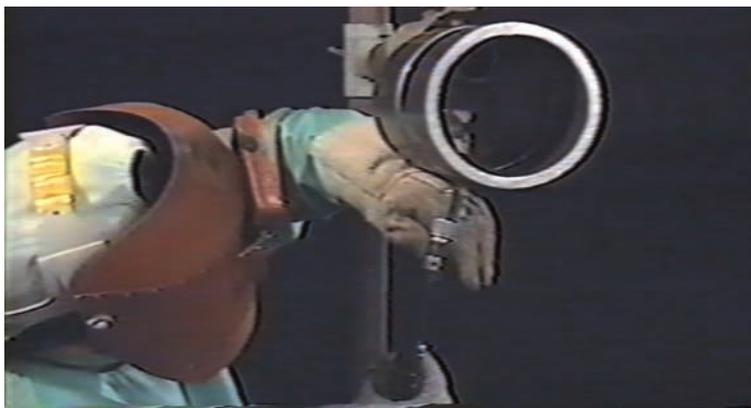
図6-1 高度熟練技能者における電流値調整の風景

(b) 丸鋼管溶接

(i) 溶接姿勢

丸鋼管溶接において、高度熟練技能者は左ひじを母材固定用の柱にあて、左手甲をトーチを持つ右手に添える溶接姿勢をとった。左手の右手への指示は高度熟練技能者独自の保持姿勢と思われる（図6-2、図6-3）。

①上向き姿勢



②立向き姿勢～下向き姿勢



図6-2 丸鋼管溶接における高度熟練技能者の試技



図6-3 高度熟練技能者による丸鋼管溶接の実技

（ii） トーチの動かし方

高度熟練技能者は、1層目溶接では、開先低部で小さくトーチをウィービング操作した。2層目溶接では、上向き姿勢溶接及び立向き姿勢溶接のときは、逆V字を描くようにトーチを操作したが、下向き姿勢溶接のときは両止端部でためをつくるようにトーチを動かした。3層目溶接では、開先を超えて楕円形を描くように、トーチを動かした。

（iii） 溶融池の状態

高度熟練技能者は、常に溶融池の先端でアークが発生するようにしていた。また、溶融池の末端部分は平らの形状となっていた（図6-4）。



図6-4 丸鋼管溶接における溶融池の形状

(c) 9 mm板の溶接

(i) 溶接姿勢

板の溶接においても、高度熟練技能者はホルダを鉛筆のように持つという、基本姿勢とは異なる保持姿勢をとった(図6-5)。



図6-5 9 mm板の溶接における高度熟練技能者の溶接姿勢

(ii) トーチの動かし方

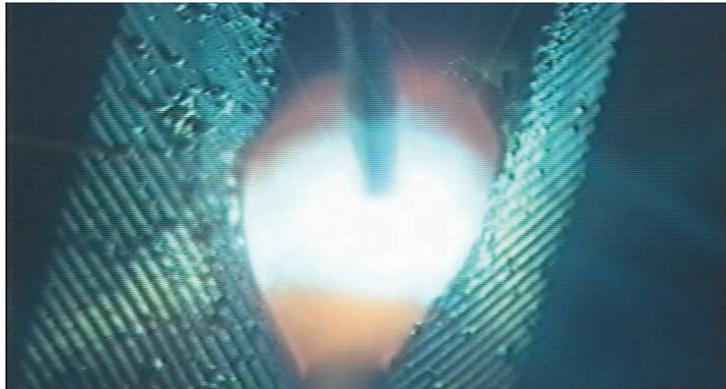
高度熟練技能者は、1層目溶接では、開先の低部で、トーチを小さくウィービング操作した。2層目溶接では、ジグザグ型を描くようにトーチを操作した。そのとき、開先面近くまでトーチを動かした。3層目溶接では、開先面を超えて、楕円形の軌跡を描くようにトーチを操作した。

（iii）溶融池の状態

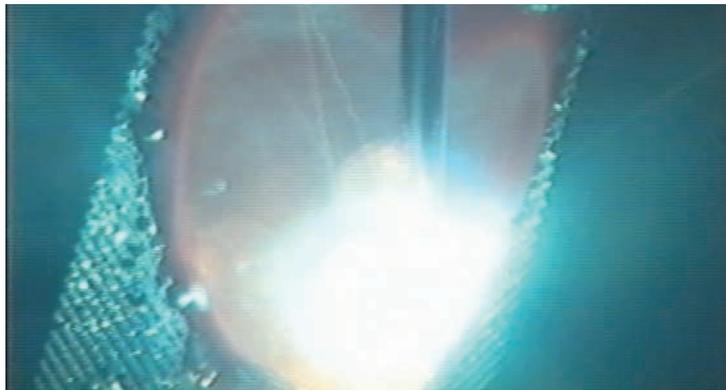
各層各溶接条件での溶融池の状態は、図6-6の通りである。いずれも溶融池の先端部分でアークを発生させていた。また、溶融池の状態は常に多少揺れながら推移した。

図6-6 高度熟練技能者の9mm板の溶接における溶融池の状態

① 9mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



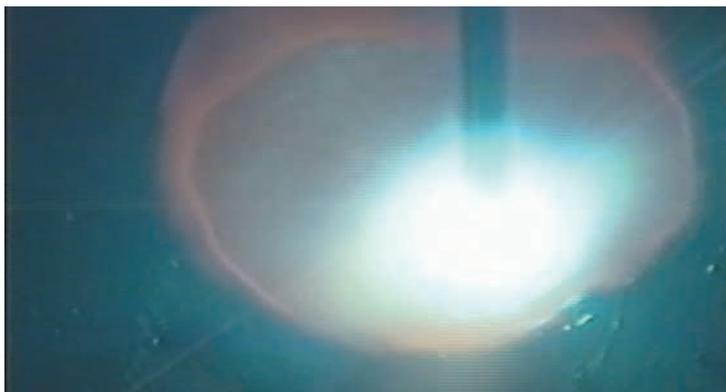
② 9mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



③ 9mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



④ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



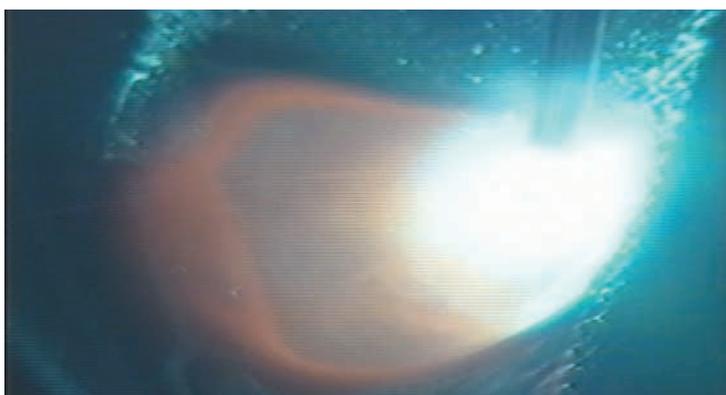
⑤ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



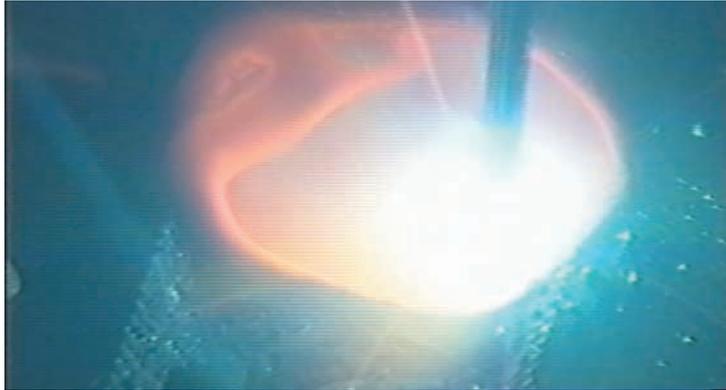
⑥ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



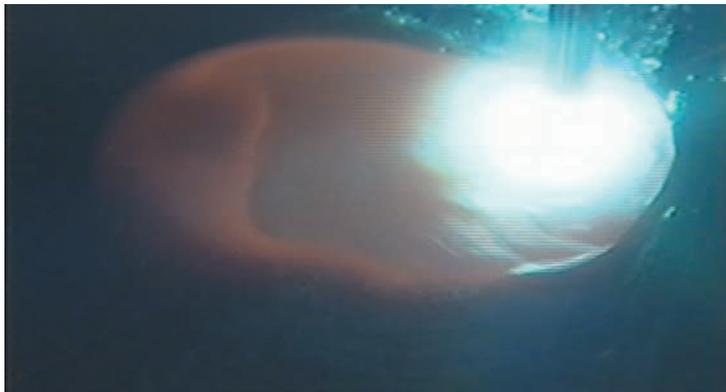
⑦ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑧ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑨ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



(d) 12mm板の溶接

(i) 溶接姿勢

12mm板の溶接では高度熟練技能者は、9mm板の溶接と同様、独自の溶接姿勢をとっていた(図6-7)。



図6-7 12mm板の溶接における高度熟練技能者の溶接姿勢

(ii) トーチの動かし方

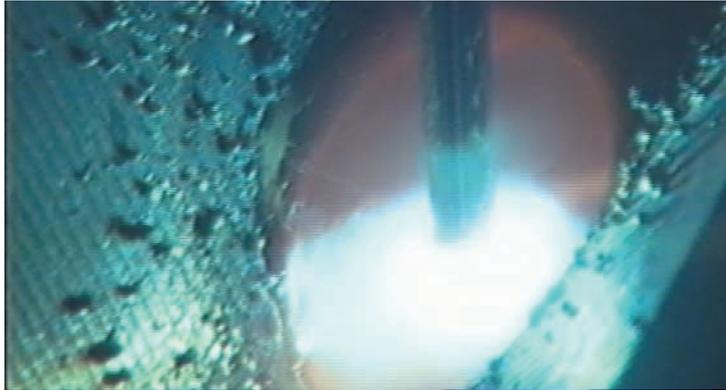
高度熟練技能者は、1層目溶接では、開先の低部で、トーチを小さくウェービング操作した。2層目溶接と3層目溶接では、ジグザグ型を描くようにトーチを操作した。このうち3層目溶接では、開先面近くまでトーチを動かした。4層目溶接では、開先面を超えて、楕円形の軌跡を描くようにトーチを操作した。

（iii）溶融池の状態

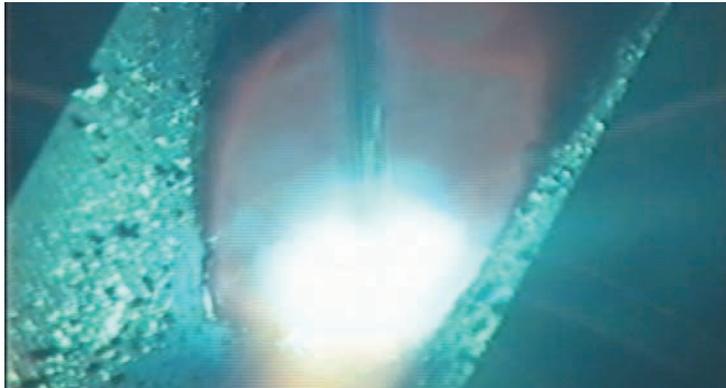
各層各溶接条件での溶融池の状態は、図6-8の通りである。いずれも溶融池の先端部分でアークを発生させていた。また、溶融池の状態は常に多少揺れながら推移した。

図6-8 高度熟練技能者の12mm板の溶接における溶融池の状態

①12mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



②12mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



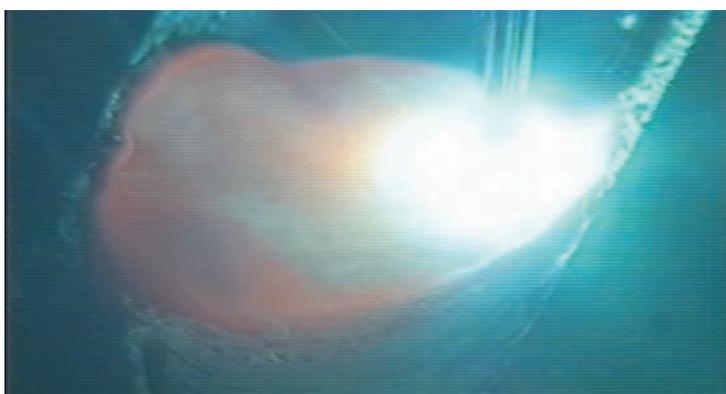
③12mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



④12mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑤12mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑥12mm板・4層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



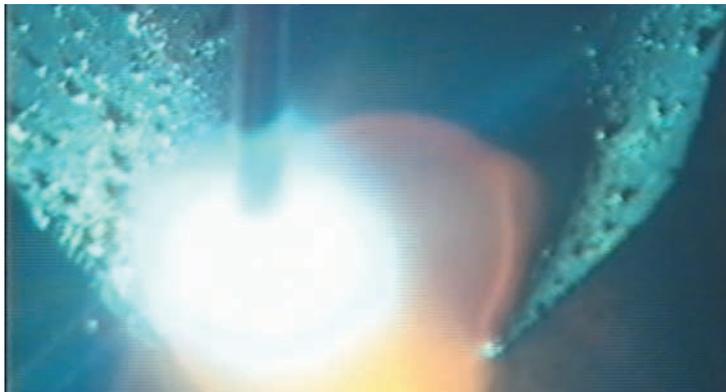
⑦12mm板・4層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑧12mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



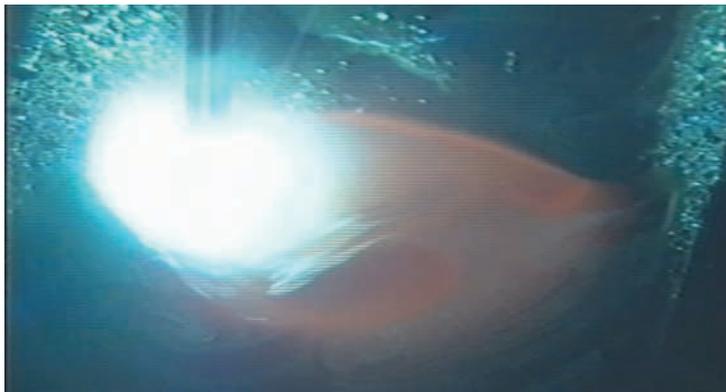
⑨12mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑩12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑪12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑫12mm板・4層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑬12mm板・4層目溶接・低電流値（120A）・後退法



(e) 19mm板の溶接**(i) 溶接姿勢**

19mm板の溶接では高度熟練技能者は、9mm板の溶接と同様、独自の溶接姿勢をとっていた（図6-9）。



図6-9 19mm板の溶接における高度熟練技能者の溶融姿勢

(ii) トーチの動かし方

高度熟練技能者は、1層目溶接では、開先の低部で、トーチを小さくウェービング操作した。2層目溶接と3層目溶接、4層目溶接では、ジグザグ型を描くようにトーチを操作した。このとき、層が重なるにつれて、トーチの速度が速くなった。

また、通常電流値（180A）では5層目溶接以降、低電流値（120A）では4層目溶接以降2パスに振り分けた。このうち中間層では、開先と振り分け直前層の中心線の間で、トーチをジグザグ型を描くように操作した。最終層溶接では、開先と振り分け直前層の中心線の間で、楕円形の軌跡を描くようにトーチを操作した。

(iii) 溶融池の状態

各層各溶接条件での溶融池の状態は、図6-10の通りである。いずれも溶融池の先端部分でアークを発生させていた。また、溶融池の状態は、常に多少揺れながら推移した。

図 6 - 10 高度熟練技能者の19mm板の溶接における溶融池の状態

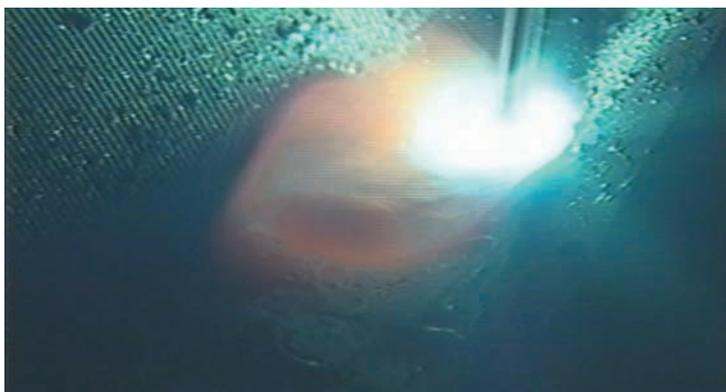
①19mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



②19mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



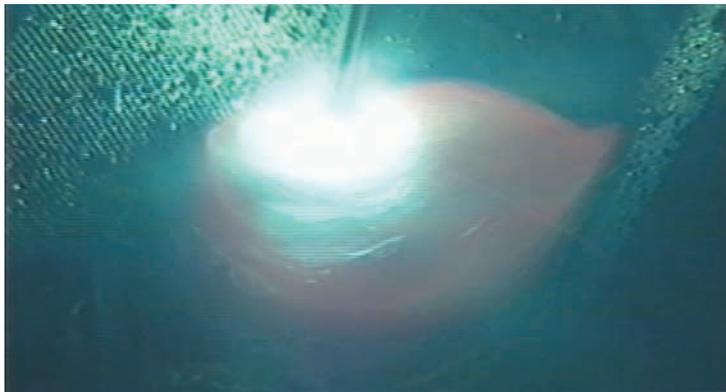
③19mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



④19mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



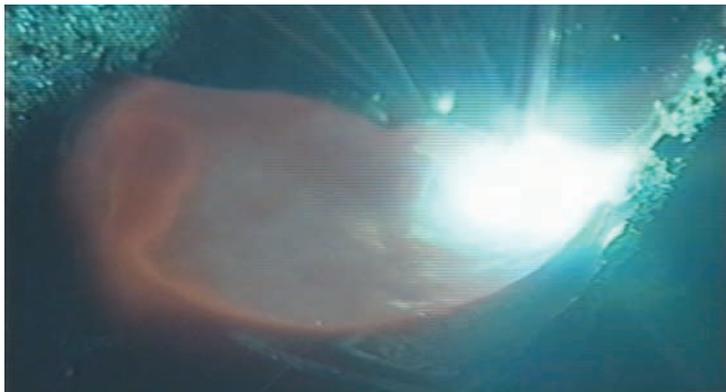
⑤19mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



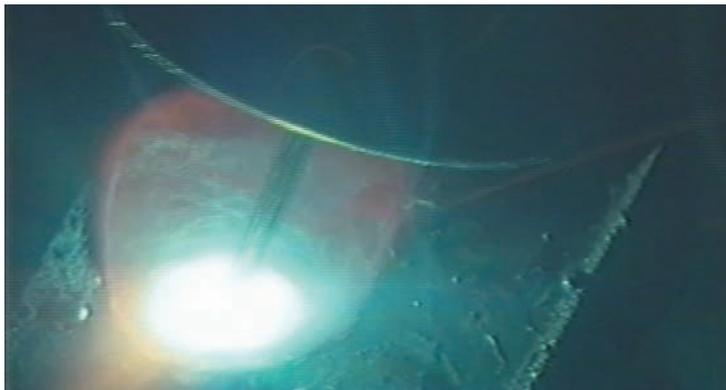
⑥19mm板・4層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑦19mm板・4層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑧19mm板・5層目1パス目溶接・通常電流値(180A)・前進法



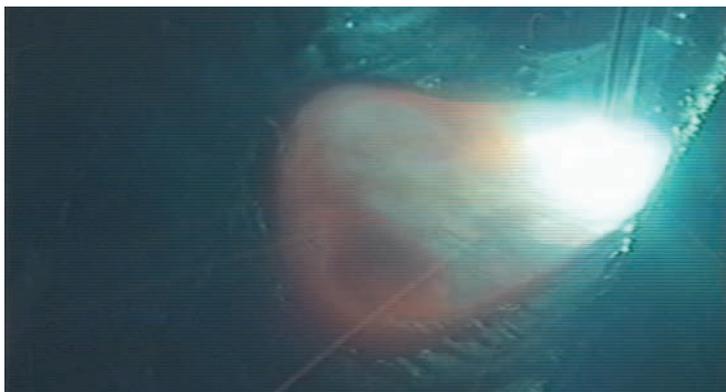
⑨19mm板・5層目2パス目溶接・通常電流値(180A)・前進法



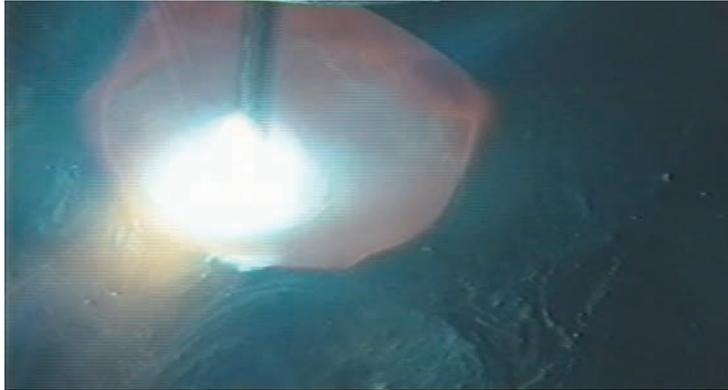
⑩19mm板・5層目1パス目溶接・通常電流値(180A)・後退法



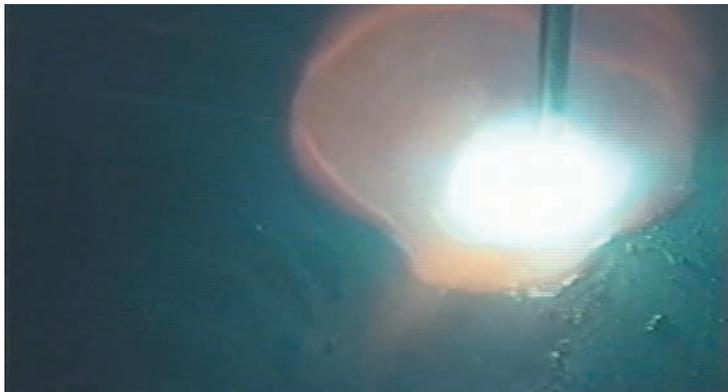
⑪19mm板・5層目2パス目溶接・通常電流値(180A)・後退法



⑫19mm板・6層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



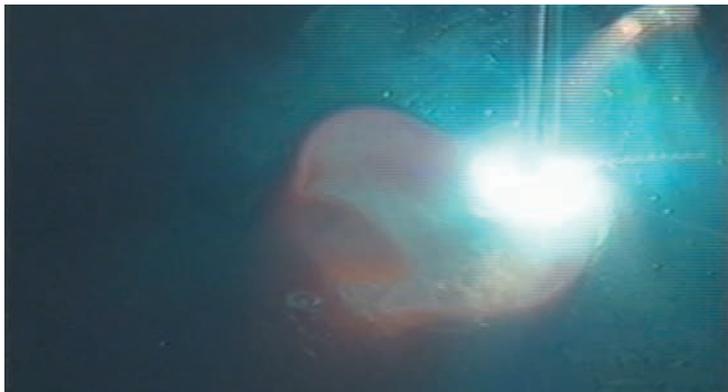
⑬19mm板・6層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑭19mm板・6層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑮19mm板6層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑯19mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



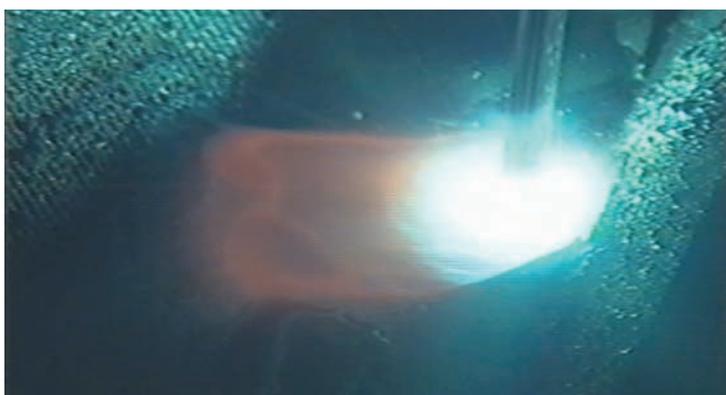
⑰19mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



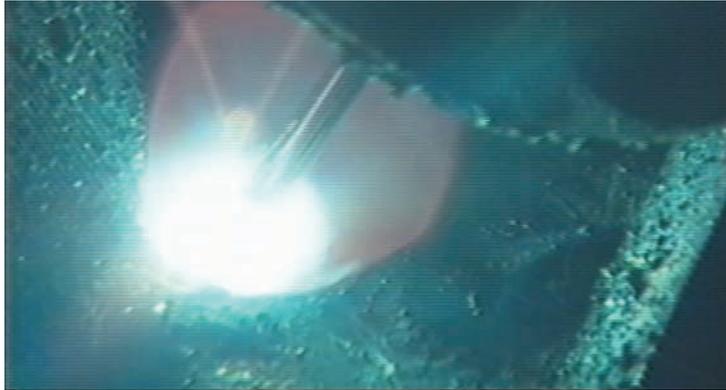
⑱19mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



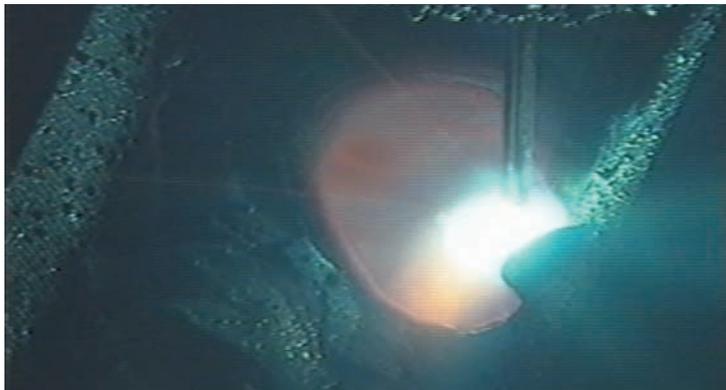
⑲19mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑩19mm板・4層目1パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



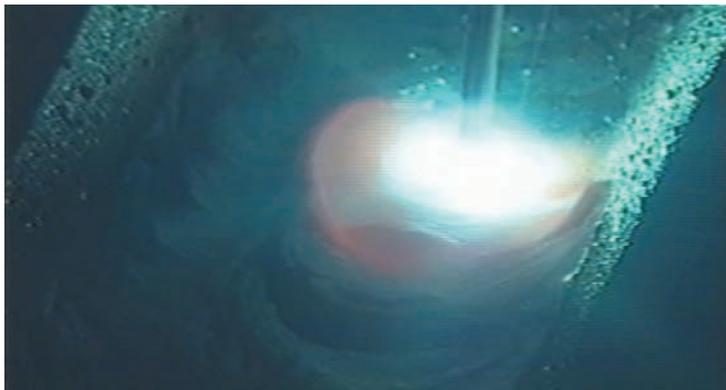
⑪19mm板・4層目2パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑫19mm板・4層目1パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑬19mm板・4層目2パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



㊸19mm板・5層目1パス目溶接・低電流値(120A)・前進法



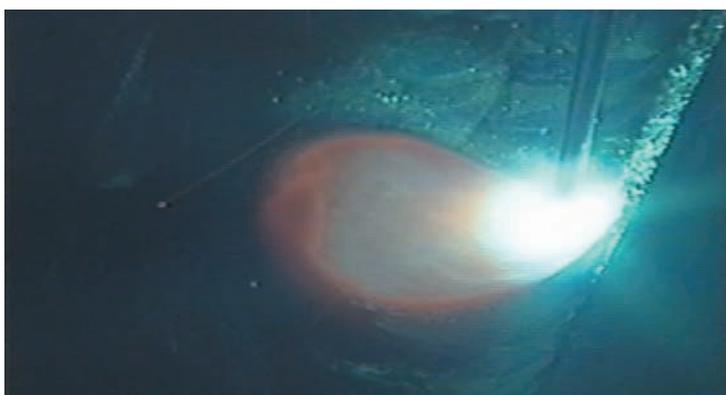
㊹19mm板・5層目2パス目溶接・低電流値(120A)・前進法



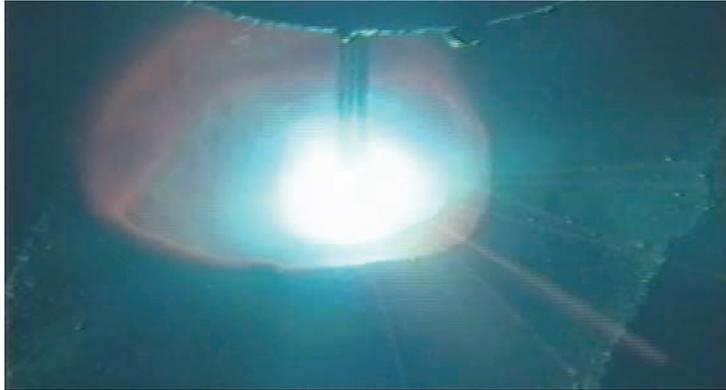
㊺19mm板・5層目1パス目溶接・低電流値(120A)・後退法



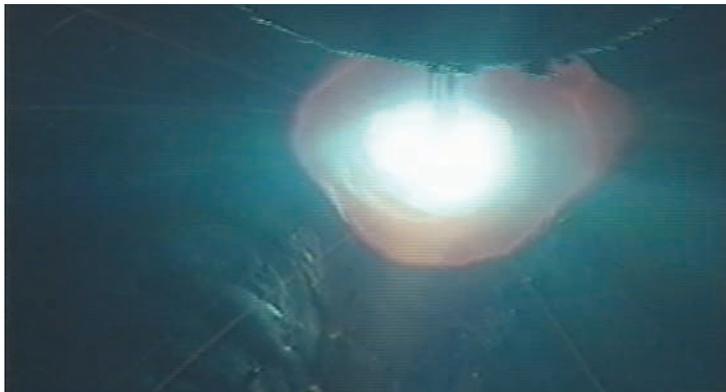
㊻19mm板・5層目2パス目溶接・低電流値(120A)・後退法



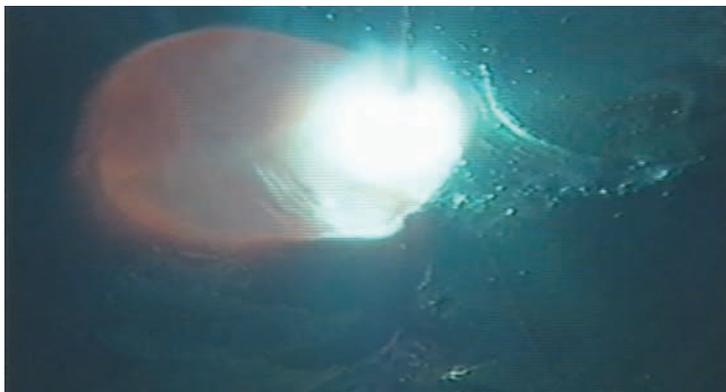
㊸19mm板・6層目1パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



㊹19mm板・6層目2パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



㊺19mm板・6層目1パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



㊻19mm板・6層目2パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



③ 溶接作業結果

(a) 丸鋼管溶接

高度熟練技能者のビード形状は、楕円の連続をしており、幅とピッチはほぼ均一で良好な外観に仕上がっている（図6-11）。

①外 観



②ビード形状



図6-11 高度熟練技能者の丸鋼管溶接作業結果

(b) 9 mm板の溶接

9 mm板のビード形状は、どの溶接条件も楕円の連続をしており、ウィービングの幅とピッチ幅はほぼ均一で、良好な外観に仕上がっている（図6-12）。

① 9 mm板・通常電流値（180A）・前進法



② 9 mm板・通常電流値（180A）・後退法



③ 9 mm板・低電流値（120A）・前進法



④ 9 mm板・低電流値（120A）・後退法



図6-12 高度熟練技能者の9 mm板の溶接作業結果（ビード形状）

(c) 12mm板の溶接

12mm板のビード形状は、どの溶接条件も楕円の連続をしており、ウィービングの幅とピッチ幅はほぼ均一で、良好な外観に仕上がっている（図6-13）。

①12mm板・通常電流値（180A）・前進法



②12mm板・通常電流値（180A）・後退法



③12mm板・低電流値（120A）・前進法



④12mm板・低電流値（120A）・後退法



図6-13 高度熟練技能者の12mm板の溶接作業結果（ビード形状）

(d) 19mm板の溶接

19mm板のビード形状は、どの溶接条件も楕円の連続、ウィービングの幅とピッチ幅はほぼ均一となっている。また、2パスの中心線はまっすぐとなっており、表に出ている各パスのビード幅はほぼ均一となっている。さらに、両パスの重なりは小さいものの、両パスの余盛りの高さが低いため、中心部におけるへこみはほとんどなく、ほぼ平らなビード形状となっている（図6-14）。

①19mm板・通常電流値（180A）・前進法



②19mm板・通常電流値（180A）・後退法



③19mm板・低電流値（120A）・前進法



④19mm板・低電流値（120A）・後退法



図6-14 高度熟練技能者の19mm板の溶接作業結果（ビード形状）

(3) 溶接技能解析システムデータ

本調査では、溶接技能解析システムを用いて、高度熟練技能者のトーチ操作の軌跡を計測している。その結果の概略は、下記の通りである。なお、このシステムによるデータ取りのためには、撮影とは別に溶接作業を行わなければならない、時間の制約等から、撮影の溶接作業全てのデータを入手することはできなかった。

① 9 mm板の溶接

高度熟練技能者における9 mm板の溶接のトーチ軌跡は、図6-15の通りである。

まず通常電流値(180A)の2層目溶接のトーチ軌跡を見ると、前進法も後退法もジグザグ型の連続となっている。また、いずれも片端が直線を描くような軌跡となっている。最終層に当たる3層目溶接の軌跡を見ると、前進法も後退法もジグザグ型の軌跡を描いているが、2層目溶接よりは幅が広く、かつ丸みを帯びた形状となっている。

次に低電流値(120A)の2層目溶接におけるトーチ軌跡を見ると、通常電流値と同様、ジグザグ型の連続、および片端が直線部を描く軌跡となっている。また同電流値における3層目溶接の軌跡を見ると、通常電流値よりも楕円形がはっきりした形状となっている。

図6-15 高度熟練技能者の9 mm板の溶接におけるトーチ軌跡

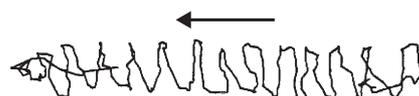
① 9 mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



② 9 mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



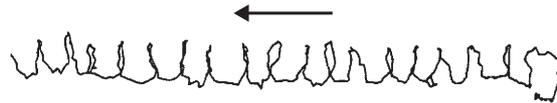
③ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



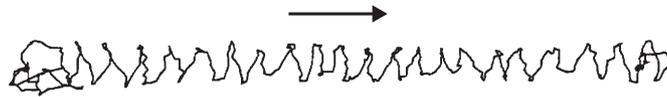
④ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



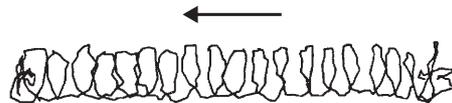
⑤ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



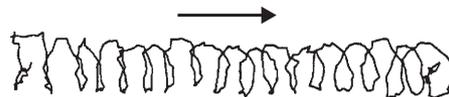
⑥ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑦ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑧ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



② 12mm板の溶接

高度熟練技能者における12mm板の溶接のトーチ軌跡は、図6-16の通りである。

まず通常電流値の2層目溶接を見ると、前進法も後退法もジグザグ型が連続したトーチ軌跡となっている。ただし、図6-15の9mm板の2層目溶接で見られた、片端での直線状の動きは観察できない。

通常電流値の3層目溶接の軌跡は、前進法については、両止端部で直線を描き、真ん中は楕円形を描くような軌跡となっている。後退法は、2層目溶接と同様、ジグザグ型の形状となっているが、その幅は2層目溶接よりも大きく、かつ丸みを帯びた形状となっている。

通常電流値の4層目溶接は最終層溶接に当たるが、そのトーチ軌跡は、9mm板の3層目溶接と同じように、幅が広く、かつ丸みを帯びたジグザグ型の形状となっている。

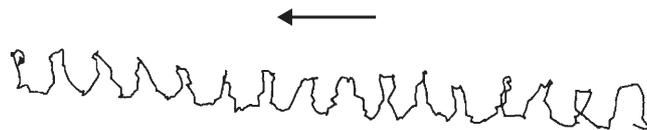
一方、低電流値の2層目溶接は、前進法も後退法もジグザグ型のトーチ軌跡を描いているが、通常電流値に比べやや丸みを帯びた形状となっている。

低電流値の3層目溶接は、逆V字をイメージするような軌跡となっており、その幅も同電流値の2層目溶接よりも広い。

低電流値の4層目溶接は、ウィービングピッチ幅が短い軌跡となっており、楕円型が連続したと思われる形状となっている。

図6-16 高度熟練技能者の12mm板の溶接におけるトーチ軌跡

①12mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



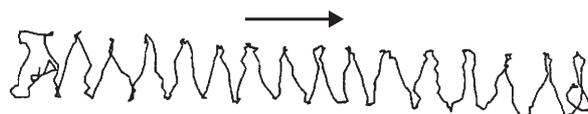
②12mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



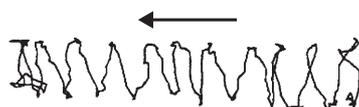
③12mm板・3層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



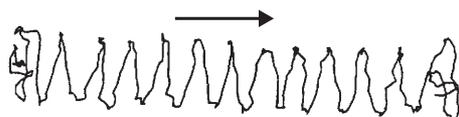
④12mm板・3層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



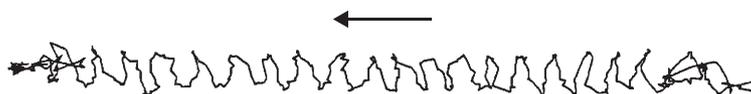
⑤12mm板・4層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



⑥12mm板・4層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



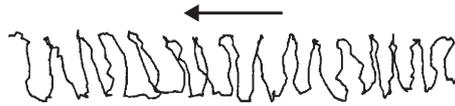
⑦12mm板・2層目溶接・低電流値(120A)・前進法



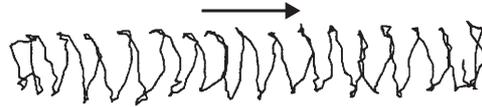
⑧12mm板・2層目溶接・低電流値(120A)・後退法



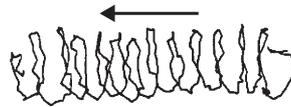
⑨12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



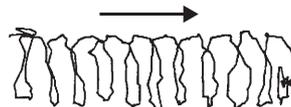
⑩12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑪12mm板・4層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑫12mm板・4層目溶接・低電流値（120A）・後退法



③ 19mm板の溶接

高度熟練技能者における19mm板の溶接のトーチ軌跡は、図6-17の通りである。

まず通常電流値の2層目溶接では、前進法は両端で直線を描く梯子型の軌跡を描いている。後退法はジグザグ型の連続の軌跡となっているが、図6-16で見た12mm板の2層目溶接に比べると、丸みを帯び、かつウィービングピッチ幅が大きい。

通常電流値の3層目溶接のトーチ軌跡は、前進法も後退法も、溶接の進行方向に対して凹になった、楕円形の軌跡となっている。またその幅は2層目溶接よりも広い。

通常電流値の4層目溶接は、前進法は3層目溶接と同様、進行方向に対して凹の楕円形の軌跡となっているが、その幅は3層目溶接よりも大きい。後退法は、ジグザグ型の連続となっている。また、そのウィービングピッチ幅は小さい。

通常電流値の5層目溶接の1パス目溶接は、前進法は片端が直線上となった楕円形の運棒が行われていることを示す軌跡となっているのに対し、後退法はジグザグ型の形状となっている。2パス目溶接は、前進法も後退法も、楕円を描く運棒を示す軌跡となっており、片側は直線上となっている。なお、前進法については、2パス目溶接の方が1パス目溶接よりも幅が広がっている。また、4層目溶接までのトーチ軌跡と比較すると、トーチ軌跡にやや傾きが見られる。

最終層に当たる通常電流値の6層目溶接では、1パス目溶接は、前進法も後退法もジグザグ型の軌跡となっているが、前進法では片端での直線状の形状が観察される。

2パス目溶接では、前進法はウィービングピッチ幅が小さい、楕円型の運棒を示唆する軌跡となっている。後退法はジグザグ型の軌跡となっている。6層目溶接でもまた、トーチ軌跡がやや傾く傾向が見られた。

次に、低電流値のトーチ軌跡を見ると、まず2層目溶接の前進法では、両端が直線状となった梯子型の軌跡が観察され、通常電流値よりもその幅が小さくなっている。後退法は、両端が直線状となった、進行方向に凹の楕円型の軌跡となっている。

低電流値の3層目溶接は、前進法では、2層目溶接と同様、両端が直線状となった梯子型の軌跡となっているが、その幅が広がっている。後退法も両端が直線状となった梯子型の軌跡となっている。

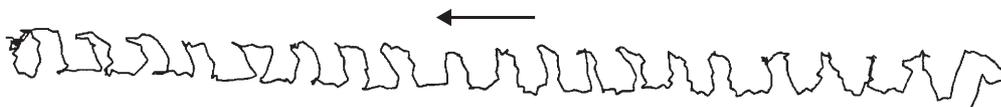
低電流値の4層目溶接は、前進法は進行方向に対して凹の楕円形の軌跡となっている。後退法は、3層目溶接と同様、両端が直線状となった梯子型の軌跡となっているが、その幅は広い。

低電流値の5層目1パス目溶接では、前進法は片端が直線上となった楕円形の運棒が行われていることを示す軌跡となっている。後退法は両端が直線状となった梯子型の軌跡となっている。2パス目溶接では、前進法はジグザグ型の軌跡となっているのに対し、後退法は片端が直線上となった楕円形の運棒が行われていることを示す軌跡となっている。

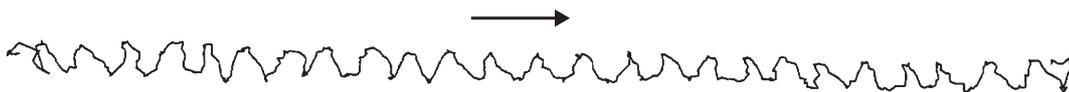
低電流値の6層目溶接では、1パス目溶接は、前進法では両端が直線状となった、梯子形の運棒が行われたと示唆される軌跡となっているのに対し、後退法はジグザグ型の軌跡となっている。2パス目溶接では、前進法も後退法も、片側が直線状となった、楕円形の運棒を示唆する軌跡となっている。

図6-17 高度熟練技能者の19mm板の溶接におけるトーチ軌跡

①19mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



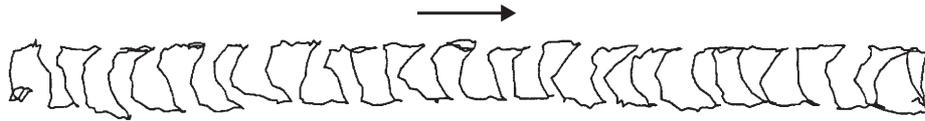
②19mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



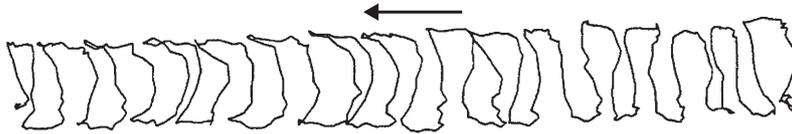
③19mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



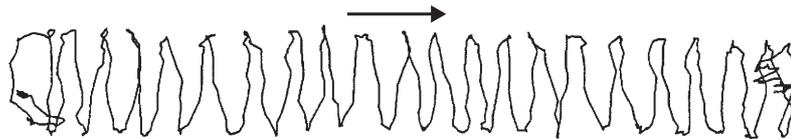
④19mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



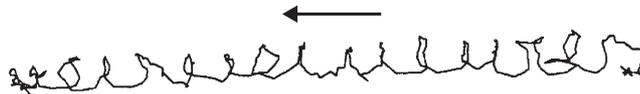
⑤19mm板・4層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



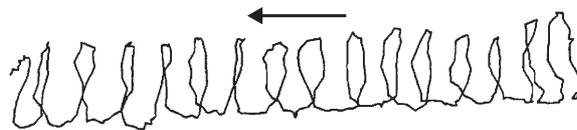
⑥19mm板・4層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



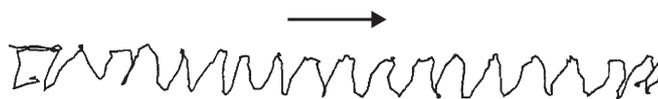
⑦19mm板・5層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑧19mm板・5層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



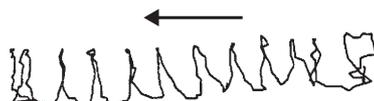
⑨19mm板・5層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・後退法



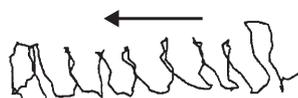
⑩19mm板・5層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・後退法



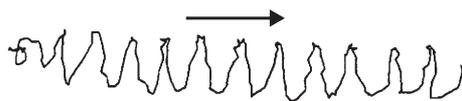
⑪19mm板・6層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑫19mm板・6層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



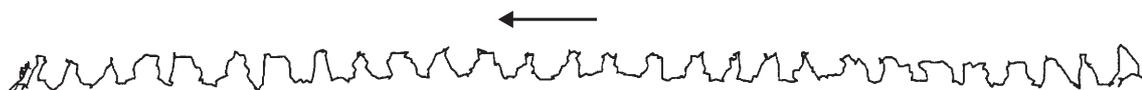
⑬19mm板・6層目1パス目溶接・通常電流値(180A)・後退法



⑭19mm板・6層目2パス目溶接・通常電流値(180A)・後退法



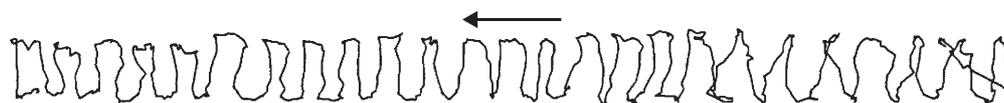
⑮19mm板・2層目溶接・低電流値(120A)・前進法



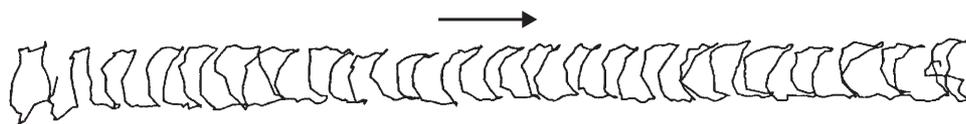
⑯19mm板・2層目溶接・低電流値(120A)・後退法



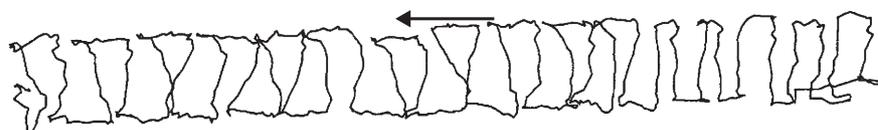
⑰19mm板・3層目溶接・低電流値(120A)・前進法



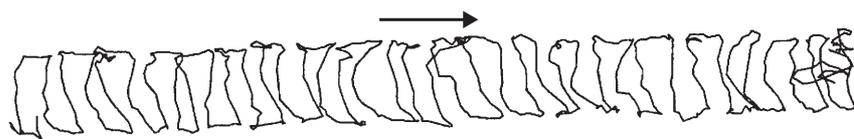
⑱19mm板・3層目溶接・低電流値(120A)・後退法



⑲19mm板・4層目溶接・低電流値(120A)・前進法



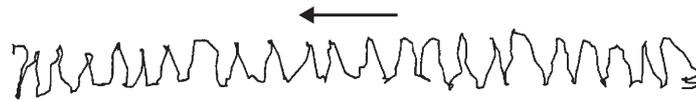
⑳19mm板・4層目溶接・低電流値(120A)・後退法



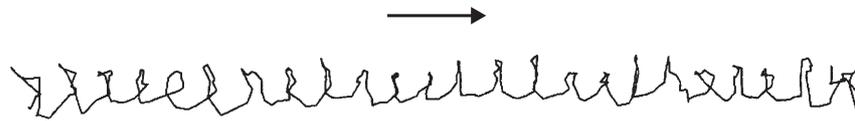
㉑19mm板・5層目1パス目溶接・低電流値(120A)・前進法



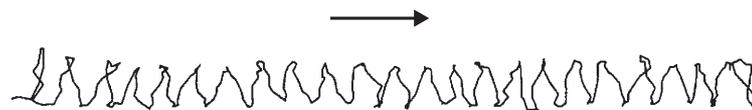
㉒19mm板・5層目2パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



㉓19mm板・5層目1パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



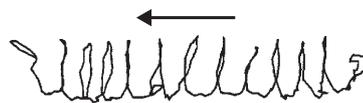
㉔19mm板・5層目2パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



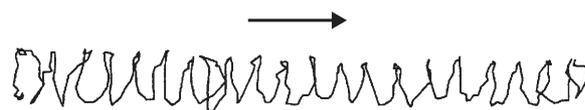
㉕19mm板・6層目1パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



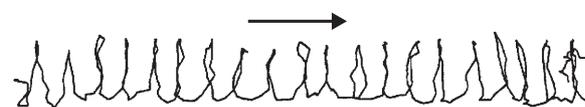
㉖19mm板・6層目2パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



㉗19mm板・6層目1パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



㉘19mm板・6層目2パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



(4) 当日ヒアリング調査結果

① 板の溶接について

(a) 注意すべき点について

ルートフェースをどのくらいにするのか、ギャップをどのくらいにするのかに注意した。それによって電流・電圧値を調整した。

裏波溶接のため、裏波の形状を把握するため、溶融池の状態を見ていた。

9 mm板では3層による溶接を目指した。

各層では、次のことに気を使った。

1層目溶接 溶融池の状態を確認しながら裏波の幅、高さを判断した。

2層目溶接 1層目溶接のビード形状不良により溶接欠陥が生じないように配慮した。

3層目溶接のビードがうまく盛れるよう、2層目溶接のビードの高さに気をつけた。

3層目溶接 アンダーカットにならないように気をつけた。またビードの高さにも気を配った。

また、各層溶接開始時には、各層ごとの電流・電圧値の確認を、目と耳で行った。

溶接作業中は、①融合不良をなくすよう、ビードの下に心線がくるようにすること、

②プールが先行しないようにトーチ角度を保持すること、に注意した。

クレーター処理をするとき、余盛不足による溶接欠陥が生じないように、余盛ビードの形状に注意した。

(b) 板厚の違い

9 mm板では、通常のウィービング法により溶接した。

12mm板では、ウィービング幅が大きくなるので、振り分けながら溶接した。

19mm板でも、ウィービング幅が大きくなるので、ビード幅を見て振り分けた。

振り分けると、溶接欠陥が入りやすいので、下の方から心線を狙ってアークをあてた。

板厚の違いによる溶接方法のポイントは、開先角度やルートフェースの盛り方に依存するので、一概にこの板厚に対してどの溶接方法が適切かを明確にいうことはできない。

(c) 低電流値の溶接について

低電流値では溶け込みが浅いため、融合不良内容と運棒速度に気をつけた。運棒操作が遅いと、溶融池の上にアークが出てしまい、アークが不安定になるためである。

板厚が厚くなると、電流値を上げないと溶接が難しい。

融合不良をなくすよう運棒を動かすことがポイントである。

(d) 当初イメージとの違いについて

電流値が変動し、アークが安定しなかったため、ビード外観が悪くなった。

電流値が不安定であったため、ノズルと母材間の距離を少しずつ変えながら溶接した。

電流値の微調整は、①音で判断して安定した音になるよう調整、②メーターも見て調整、③溶け具合を見て、電流値と広がり等の関係を見て調整、という方法で行った。

アークの持ち方は教科書にない方法であるが、長年の経験から楽な姿勢をとれる持ち方を選んでいく。

姿勢は対象物に合わせて変えている。安定姿勢を保持することに重点を置き、両腕の安定を意識するとともに、動きやすい姿勢をとるようにしている。

② 丸鋼管溶接について

全姿勢と横向き姿勢のいずれをとるかが課題となり、今回は全姿勢を選択した。

全姿勢溶接のとき、上向き姿勢溶接のほうが下向き姿勢溶接より裏波が出にくいという問題がある。

仮付けは一番下の部分を行った。当初予想とは異なり、仮付けにズレがあり、ギャップの違いがあった。このため、仮付け部分の裏波には自信がない。

アークの出し方、運棒の操作方法は、板の溶接と同じである。運棒を芯方向になるようにトーチ角度を向ける点が、ポイントである。

8時の方向でアークを切ったのは、上向き姿勢で作業をするとき、自分の目線で運棒が見えるギリギリの位置だったため。もしこれ以上そのままの姿勢で溶接作業を続けると、ブローホールが生じる懸念がある。

2層目溶接の運棒では、ビードをへこませるよう運棒を逆V字に操作した。

仕上げ層の溶接では、アンダーカットをなくすこと、ビードの高さを平均にすること、ビードの幅を平均にすることに注意した。

③ 溶融池の状態について

溶融池にちょっとしたぶれが生じるのが、裏波がベストな状態である。

いっぱい揺れると抜けている状態となっており、揺れないと裏波が出ていない状態となっている。

溶融池の大きさは電流、電圧値により決まり、それ自体によりベストかどうかを判断することはできない。

④ 最終層の運棒操作

ビード波形は直線であれば出来上がりがいい。このためには楕円運動の操作（円弧状のウェーブ）が必要である。

円弧状のウェーブは先輩の仕上げを見て盗んだ。

⑤ 受講者へのアドバイス

溶接の基本は学校で教わるが、溶接する条件や溶接する環境はいつも違うため、それにプラスしたものを自分で身につける必要がある。

人のやっていることを盗んで技能を修得することが大切である。

(5) 事後ヒアリング調査結果

① 丸鋼管溶接

(a) 事前ポイントに関するインタビュー

丸鋼管溶接では、ガスシールドが逃げないようにトーチ角度が重要である。ガスが逃げないように、母材・ノズル間距離を近づける。

(b) 実作業、2層目溶接

丸鋼管溶接でアークをきるタイミングは、物の高さと体勢で決める。センターの方へ向かってトーチを向けることができなくなったとき、それ以上作業を続けると、ガスシールド効果がなくなり溶接状態が悪くなるので、姿勢を変える。

(c) その他

丸鋼管は温まりやすいので、同じ電流値で溶接作業を行っている。

スタートの位置とクレーターの位置を少し微妙にずらしながら溶接を行っている。

② 9 mm板の溶接

(a) 実作業、1層目溶接

溶融池の状態から判断して裏波が出ているときは、トーチをやや立て、直角に近い状態とする。溶融池の状態から判断して裏波が出ていないとき、あるいはギャップが詰まってきたとき、溶接のスピードを上げる。

溶融池の薄いところをたたかないと、裏波が出ない。

(b) 実作業、2層目溶接、3層目溶接

2層目溶接の開始前に電流調整を行ったのは、電流値が相対的に大きい前進法と、電流値が相対的に小さい後退法を交互に行っており、それぞれの必要とする電流値が異なっていたためである。

最終層直前の中間層溶接のときも、ビードが高くならないよう、電流を低くしている。

丸鋼管溶接では、全姿勢で行わなければならないこと、全体的に金属が暖まりやすいことなどから、運棒操作により電流値を調整する。板の溶接では、金属が暖まりにくいので、運棒操作による電流値調整では限界があり、電流電圧調整ダイヤルにより電流値を調整しなければならない。

溶融池がワイヤよりも先に進んだときは、融合不良を防止するため、運棒速度を上げたり、トーチ角度を寝せたりする。

溶融池とワイヤの位置関係やビードの盛り上がりを見て、運棒速度やトーチ角度を

調整する。全体を見やすくするため、少し後ろから見て、上記の状態を観察する。

(c) ビードの止端部の運棒

ビードの止端部にワイヤがいかないと、溶け込み不良になりやすい。

厚板ほどビードの止端部が溶けにくいので、ワイヤを止端部に持っていくようにして、融合不良を防止する。

真ん中部分は速く、止端部はゆっくり振るのが基本である。軌跡を図示すると、下図の通りとなる。

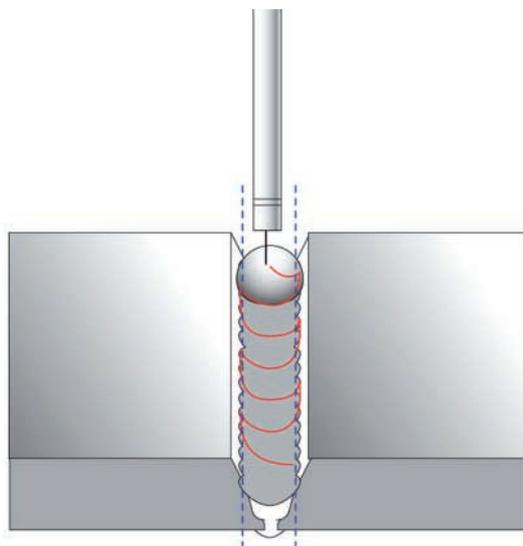


図6-18 高度熟練技能者の中間層におけるトーチ操作イメージ

(d) 前進法と後退法の比較

前進法と後退法では運棒速度が異なる。後退法では、ビードを盛り上げらないようにするため、運棒速度を速くするとともに、両止端部の直線部分の運棒を長めにとる。

(e) 通常電流値と低電流値の比較

低電流値の方が、運棒速度が遅いのは正しい。

低電流値のケースでは、電流値が低いいため、開先の中の方を中心に溶かした。

低電流値では、真中が溶けにくいので、ビードが凸にならないよう配慮する。

③ 12mm板の溶接

(a) 実作業、2層目溶接

4層からどのような厚みが適当かを考え、あまり厚くならないよう盛っている。

9mm板の2層目溶接との運棒操作上の差はない。しかし、12mm板の場合、上の層

の溶接になるとウィービング幅が広くなり、融合不良が生じやすくなるため、2パスに振り分けるケースがある。また、9mm板の2層目溶接は最終層直前の溶接のため、最終層が乗りやすいよう、ビードの高さに注意するが、12mm板2層目溶接は最終層直前ではないため、溶接欠陥を無くすことのみ集中する。

（b）実作業、3層目溶接

12mm板の2層目溶接では溶接欠陥を無くすことのみ集中するが、3層目溶接では最終層が乗りやすいよう、ビードの高さにも気を配る。運棒速度については、極端な差はない。

9mm板3層目溶接とは、運棒操作上の違いはない。しかし、速度は12mmの方が開先が広くなるため、運棒の速度は速くなるか、2パスに振り分ける。

（c）実作業、4層目溶接

9mm板の3層目溶接と同じ運棒速度である。ただ、12mm板の方が開先が広いので、運棒の進行速度は遅い。

（d）板厚の違いによる影響

12mm板では止端止めを行っているが、両止端部では「止めている」というよりも、「止端部で距離を出す」というのが実態に近い（図6-19）。但し、上記の直線部分が長いと、溶融池が先行しやすくなるため、薄板の場合、直線部分を短くしている。

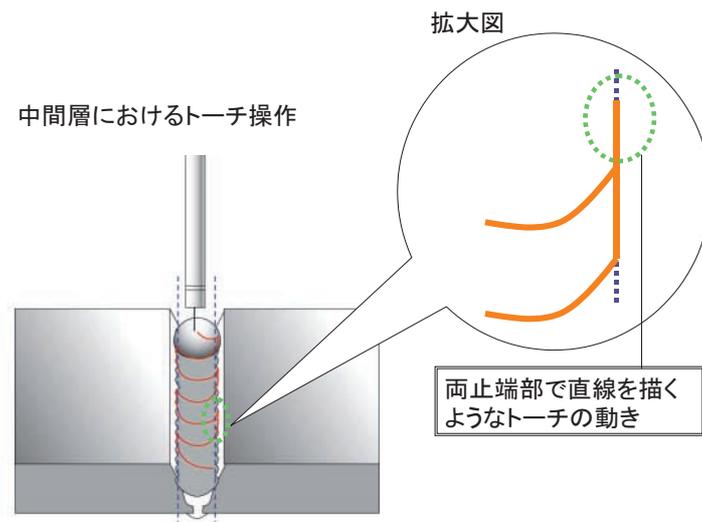


図6-19 高度熟練技能者の止端止めのイメージ

(e) 作業結果の比較

12mm板 4層目溶接では、運棒を回すように操作していたが、トーチ軌跡にはうまく現れていない。

(f) 丸鋼管溶接と板の溶接の比較

丸鋼管溶接の2層目溶接では、上向き姿勢や立向き姿勢のときは、逆V字の軌跡で運棒を操作する。下向き姿勢溶接のときは、溶融池が先行しやすいので、両止端部で直線を出すような軌跡で運棒を操作する。操作の変更は、溶融池が先行し始めてからである（図6-20）。

12mm板の低電流での2層目溶接では、通常の止端止めで溶接すると、真中が凸になりやすいため、逆V字型の運棒操作を行う。

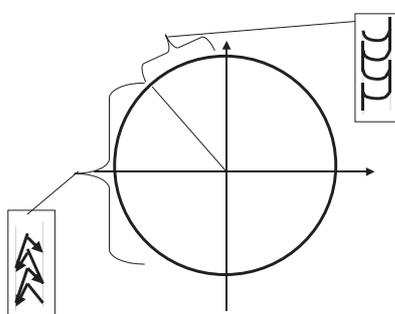


図6-20 高度熟練技能者の丸鋼管溶接におけるトーチの操作方法

④ 19mm板の溶接

(a) 実作業、2層目溶接

19mm板 2層目溶接と12mm板 2層目溶接の運棒操作は、ほぼ同じである。

但し、19mm板の場合は開先が深く、母材・ノズル間距離（エクステンション）が20～25mmと長くなるため、シールドガスに注意する必要がある。個人的には短くしている。

(b) 実作業、4層目溶接

止端部が暖かいうちにアークを当てると意識があるので、4層目溶接の方が2層目溶接より運棒速度が速いと思う。

(c) 実作業、6層目溶接

6層目溶接前の電流調整は、前述の通り、前進法と後退法を交互に行っていたことによる電流値の調整を行うためである。板が暖かくなったことによる電流値の引き下げではない。

（d）2パス溶接について

2パス溶接では、外観を良好にするため、1パスと2パスの表に出る長さが等しくなるようにする。横向き姿勢、立向き姿勢ではこの違いが出やすい。見た目に関する顧客の注文が厳しい。

中間層の2パス溶接では、融合不良が生じにくい。但し、速度を遅くすると、ビードが盛り上がりやすくなるため、1パス目溶接はストレートビード（シングルビード）を意識し、2パス目溶接は1パス目溶接と同じビードの高さにするため、ウィービングビードをする。2パス目の溶接は調整の役割を担っている。

⑤ その他

昔は溶接学校では基本しか教えなかった。後はうまい人の真似をして学んだ。

電流電圧、溶融池の溶け具合、音が溶接の良し悪しを決める要素である。特に音は重要で、アーク音がジーッという一定の音であれば、いい音である。

どの溶接方法でもスラグは出る。ある一定の期間はスラグをとらなくてもいいが、スラグがたまりすぎると、厚くなったり溶接不良が生じやすくなったりすることがある。

半自動炭酸ガス溶接でゆっくり運棒を操作していると、湯（溶融池に溶けている金属）が飛び散るため、速度は速めにしている。

2. 一般技能者

(1) 事前ヒアリング調査結果

① 丸鋼管溶接について

(a) 図面を見たときのイメージ

(i) 全 般

- ① トーチの保持角度を維持すること、② トーチと溶融池の一定距離を維持すること、③ 溶融池を観察できるように身体の位置を保持することの3つがポイントである。

(ii) トーチの保持角度

トーチの保持角度としては、接線に対し垂直から若干斜めに傾いた角度をイメージする。

上部の溶接作業ほどトーチ角度の保持が難しいが、できるだけ保持できるよう努力する。

丸鋼管溶接では、90度回る毎アークを切り、体勢を立て直す。熟練技能者は360度一気に溶接するであろう。

トーチの動かし方は、真下から時計回りに上へ動かし、真上まで行ったら、アークを切って、再び真下から反時計回りに上へ動かす。このようにするのは溶接スピードの調整が難しいためである。

下向き姿勢溶接ではトーチを振らない。振ると重力の影響で下へ落ちやすい。下に落ちそうなとき戻って冷却する。

下向き姿勢溶接を行うとき、溶融池が流れやすく、溶融池を追っかける形でトーチの操作をしなければならないので、難しい。このときは運棒の動きを速くするとともに、溶融池が逃げないように、運棒の動きを多少大きくする（この結果、ピッチが粗くなる）。

下向き姿勢溶接を行うとき、溶融池を意識しすぎると、トーチの保持角度への注意がおろそかになり、だんだんトーチが寝てくる。この結果アークが不安定になるという問題が生じる。

下向き姿勢溶接では裏波を出すため、溶融池の先端にアークを当て、金属を押し上げる感じで操作する。

下向き姿勢溶接の部分に、熟練技能者と一般技能者の差が出るのではないかと。

上向き姿勢溶接を行うとき、電流値が高いと金属がたれてくるので、その調整も難しい。

(iii) トーチと溶融池の距離

トーチが対象金属から離れすぎたり、近づきすぎたりしないように、一定の距離を保って動かす。

アークは溶融池の先端ギリギリに当てる。ワイヤが細いので、板同士の間隙2mmでは安定していないと間を抜けてしまう。抜けるのをおそれて、下へ下へとアークを当てると裏波は出ない。

(iv) 溶融池の状態

溶融池の先端が欠け、三日月の形をしたとき、裏波が出ている合図と考えている。

溶融池の表面は見えている部分は赤く光っている。赤い部分は凝固しきっておらず、黒くなったら凝固したと判断している。

(b) 1層目溶接

1層目溶接は裏波を出すことがポイントである。凸だろうが、歪であろうが関係ない。

運棒操作は、真中を中心にアークを当てるターゲットを定める。アークは溶融池の先端に当てる。安定しながら隙間部分のみ振りながらトーチを進める。その際三日月の欠けている部分の大きさを考えながらトーチを振る。

(c) 2層目溶接

2層目溶接では、3層目溶接の準備なので、なるべく平らに仕上げることにポイントを置く。

2層目溶接では溶接部の周辺の壁面を溶かすことに専念し、真中の溶接部は無視している。

溶接速度は速めにする。ゆっくり溶接すると、溶けて凸になってしまう。

溶融池の先端部分にアークを当てる。

溶融池をどこまで広げるかは、2層目溶接でどこまで仕上げたいか、換言すれば開先をどこまで残すかを意識して定める。このあたりの数値は作業者のやりやすい大きさにするところではあるが、ポイントである。

2層目を仕上げ層とする熟練技能者がいるが、この場合2層目溶接で気を付けなければならない項目が非常に多くなるので、このような方法は採らないようにしている。

(d) 3層目溶接

3層目溶接では若干盛り上がってもいい。但し、盛り上がり方が極端であると、応力集中がかかる。

3層目溶接の運棒操作は2層目溶接よりゆっくりでいいと思う。

3層目溶接の運棒操作は右左右左と動かし、ピッチを細かくする。ピッチの間隔は一定とする。

左右の運棒操作は早く行い、うろこビードと呼ばれるような汚い仕上がりにならないようにする。

② 低電流値による板の溶接について

低電流地による下向き姿勢溶接では、熔融池が流れやすく、溶接金属が溶けなかったり、母材と交わらなかつたりすることが難点である。このため、通常の板の溶接では電流値を高くするのが普通である。

9mm板の溶接は3層による溶接で行う。1層目溶接は裏波溶接、2層目溶接は平らの仕上げ、3層目溶接は良好な外観にポイントを置く。

12mm板の溶接も3層による溶接で行う。各層のポイントは9mmと同じだが、2層目溶接が大きくなる。

19mm板の溶接はやったことがないので何ともわからない。おそらく6層8パス溶接で、4層目溶接～6層目溶接は2パスで行う。これは、4層目溶接以降では、溶接しなければならぬ距離が大きく、1パスでやるとトーチの振りが大きくなるためである。

中間層の溶接は原則として、仕上げ層の直前で1mm残すことを意識している。積まれる厚さは、開先の残りで判断する。

③ 加工経験

溶接業務経験は職業能力開発総合大学校を卒業して6年経つ（大学1年からでは10年である）。ベテランと言われるのは溶接業務経験が10年以上の方だと思う。

技能審査はいっさい受けていない。

授業やセミナーなどにおける溶接に関わる時間は、週1時間程度である。

これまで難しかった溶接作業については、そもそも溶接成果を売ったことがないので何とも答えられない。

大学卒業時、これまで話したことの知識は正直言って持っていなかったが、6年間の実務経験で身についた。

④ 撮影のポイント

①トーチ角度、②トーチと熔融池の距離（ワイヤ突き出し長さ）、③身体の姿勢の保持がポイントである。

(2) 実作業

① 撮影記録

一般技能者の撮影用の溶接作業は、表6-2の手順で実施された。

表6-2 一般技能者の撮影用の溶接作業手順

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
1	9mm板の溶接 低電流（120A） 1層目溶接 前進法	9:50:19	9:51:08	0:00:49
2	アーク微調整をした			
3	9mm板の溶接 通常電流（180A） 2層目溶接 前進法	9:52:34	9:52:57	0:00:23
4	9mm板の溶接 通常電流（180A） 2層目溶接 後退法	9:53:18	9:53:51	0:00:33
5	9mm板の溶接 通常電流（180A） 3層目溶接 前進法	9:54:26	9:55:06	0:00:40
6	9mm板の溶接 通常電流（180A） 3層目溶接 後退法	9:55:33	9:56:08	0:00:35
7	9mm板の溶接 低電流（120A） 1層目溶接 前進法	9:59:35	10:00:30	0:00:55
8	9mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 前進法	10:00:58	10:01:52	0:00:54
9	9mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 後退法	10:02:13	10:02:59	0:00:46
10	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
11	9mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 前進法	10:03:57	10:04:46	0:00:49
12	9mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 後退法	10:05:08	10:05:53	0:00:45
13	12mm板の溶接 低電流（120A） 1層目溶接 前進法	10:10:05	10:10:58	0:00:53
14	アーク微調整をした			
15	12mm板の溶接 通常電流（180A） 2層目溶接 前進法	10:12:19	10:12:58	0:00:39

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
16	12mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 後退法	10:13:21	10:14:13	0:00:52
17	アーク微調整をした			
18	12mm板の溶接 通常電流 (180A) 3層目溶接 前進法	10:15:17	10:16:06	0:00:49
19	12mm板の溶接 通常電流 (180A) 3層目溶接 後退法	10:16:26	10:17:21	0:00:55
20	12mm板の溶接 低電流 (120A) 1層目溶接 前進法	10:20:57	10:21:55	0:00:58
21	アーク微調整をした			
22	12mm板の溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 前進法	10:23:05	10:24:25	0:01:20
23	12mm板の溶接 低電流 (120A) 2層目溶接 後退法	10:24:51	10:26:03	0:01:12
24	12mm板の溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 前進法	10:28:02	10:29:07	0:01:05
25	12mm板の溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 後退法	10:29:37	10:30:51	0:01:14
26	19mm板の溶接 低電流 (120A) 1層目溶接 前進法	10:33:33	10:34:22	0:00:49
27	アーク微調整をした			
28	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 前進法	10:37:09	10:37:47	0:00:38
29	アーク微調整をした			
30	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 2層目溶接 後退法	10:38:48	10:39:19	0:00:31
31	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 3層目溶接 前進法	10:39:49	10:40:34	0:00:45
32	19mm板の溶接 通常電流 (180A) 3層目溶接 後退法	10:40:58	10:41:39	0:00:41
33	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
34	19mm板の溶接 通常電流（180A） 4層目1パス目溶接 前進法	10:42:46	10:43:26	0:00:40
35	19mm板の溶接 通常電流（180A） 4層目2パス目溶接 前進法	10:43:58	10:44:47	0:00:49
36	アーク微調整をした			
37	19mm板の溶接 通常電流（180A） 4層目1パス目溶接 後退法	10:45:28	10:46:24	0:00:56
38	アーク微調整をした			
39	19mm板の溶接 通常電流（180A） 4層目2パス目溶接 後退法	10:46:55	10:47:26	0:00:31
40	アーク微調整をした ハンマー・ブラシを使用して、スラグの 清掃を行った			
41	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目1パス目溶接 前進法	10:48:54	10:49:29	0:00:35
42	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目2パス目溶接 前進法	10:49:58	10:50:35	0:00:37
43	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目1パス目溶接 後退法	10:51:04	10:51:46	0:00:42
44	19mm板の溶接 通常電流（180A） 5層目2パス目溶接 後退法	10:52:12	10:52:44	0:00:32
45	アーク微調整をした			
46	19mm板の溶接 低電流（120A） 1層目溶接 前進法	10:55:59	10:56:57	0:00:58
47	19mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 前進法	11:00:14	11:00:57	0:00:43
48	19mm板の溶接 低電流（120A） 2層目溶接 後退法	11:01:25	11:02:05	0:00:40
49	アーク微調整をした ハンマー・ブラシを使用して、スラグの 清掃を行った			
50	19mm板の溶接 低電流（120A） 3層目溶接 前進法	11:02:52	11:04:16	0:01:24

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
51	アーク微調整をした			
52	19mm板の溶接 低電流 (120A) 3層目溶接 後退法	11:05:02	11:05:57	0:00:55
53	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
54	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目1パス目溶接 前進法	11:06:38	11:07:38	0:01:00
55	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目2パス目溶接 前進法	11:08:05	11:09:16	0:01:11
56	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目1パス目溶接 後退法	11:09:42	11:10:28	0:00:46
57	19mm板の溶接 低電流 (120A) 4層目2パス目溶接 後退法	11:10:48	11:11:35	0:00:47
58	ハンマー・ブラシを使用して、スラグの 清掃を行った			
59	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目1パス目溶接 前進法	11:12:54	11:13:58	0:01:04
60	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
61	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目2パス目溶接 前進法	11:14:40	11:15:50	0:01:10
62	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目1パス目溶接 後退法	11:16:16	11:17:18	0:01:02
63	ハンマーを使用し、スラグの清掃を行った			
64	19mm板の溶接 低電流 (120A) 5層目2パス目溶接 後退法	11:18:02	11:19:08	0:01:06

② 観察項目

(a) 9 mm板の溶接

(i) 溶接姿勢

一般技能者は、ホルダを上から握る基本的なトーチの持ち方により、溶接作業を行った。また、高度熟練技能者よりも、やや前のめり（視点が近い位置）姿勢で溶接作業を行った（図6-21）。



図6-21 9 mm板の溶接における一般技能者の溶接姿勢

(ii) トーチの動かし方

一般技能者は、1層目溶接では小さいウィーピングによりトーチを動かし、主に開先の低部で運棒していた。トーチの保持角度も、基本通りやや倒した前進法によって作業が進められた。

2層目溶接では、ジグザグ型にトーチを動かした。

3層目溶接では、ジグザグ型にトーチを動かした。

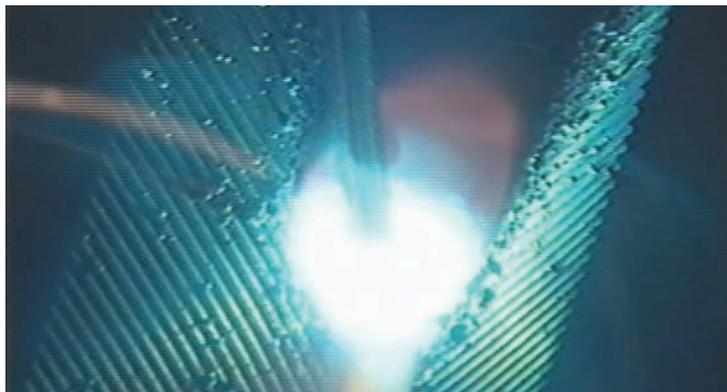
総じて、一般技能者の運棒速度は、高度熟練技能者に比べ速かった。

(iii) 溶融池の状態

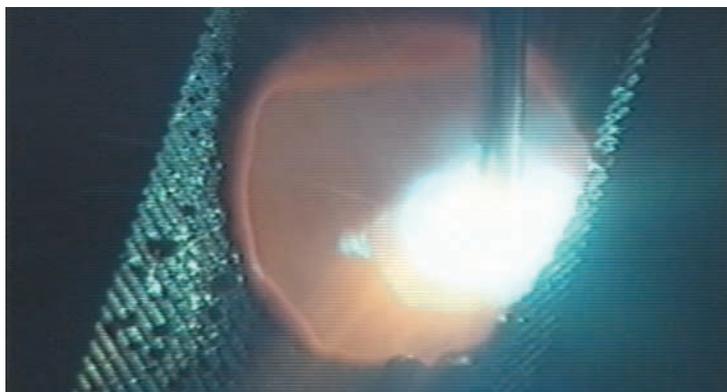
各層各溶接条件での溶融池の状態は、図6-22の通りである。いずれも溶融池の先端部分でアークが発生していた。また、一般技能者の溶接作業で発生した溶融池は、あまり表面が揺れず、ほぼ一定の楕円を保持したまま推移した。さらに、前進法のとときアークよりも溶融池内の溶融金属が先行する傾向が見られた。

図6-22 一般技能者の9mm板の溶接における溶融池の状態

① 9mm板・1層目溶接・低電流値(120A)・前進法



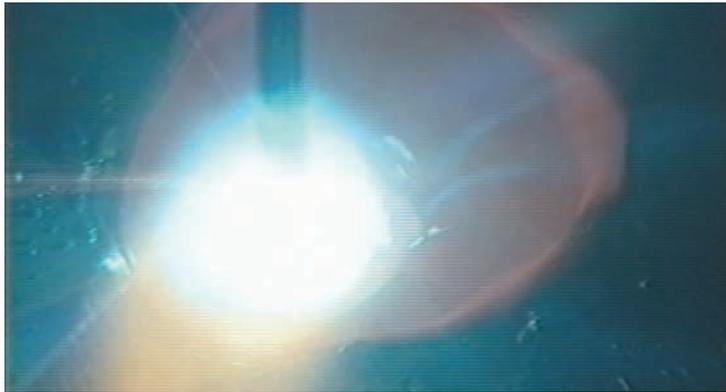
② 9mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



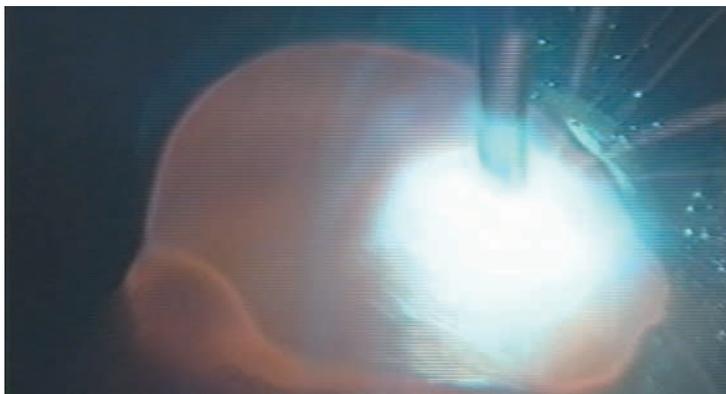
③ 9mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



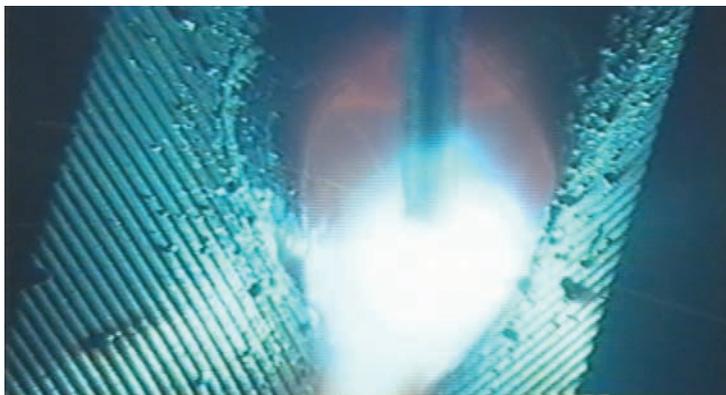
④ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



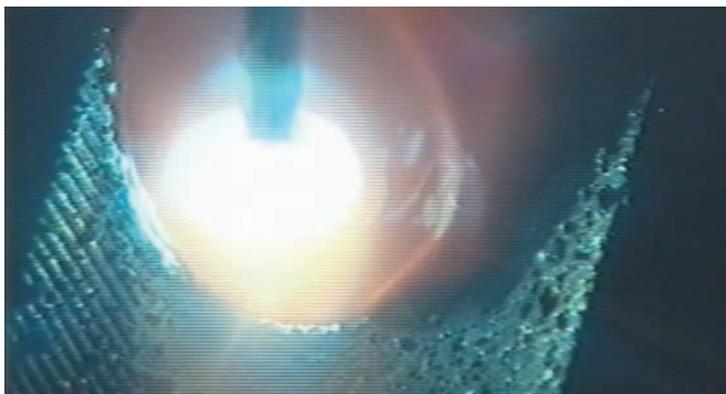
⑤ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑥ 9 mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



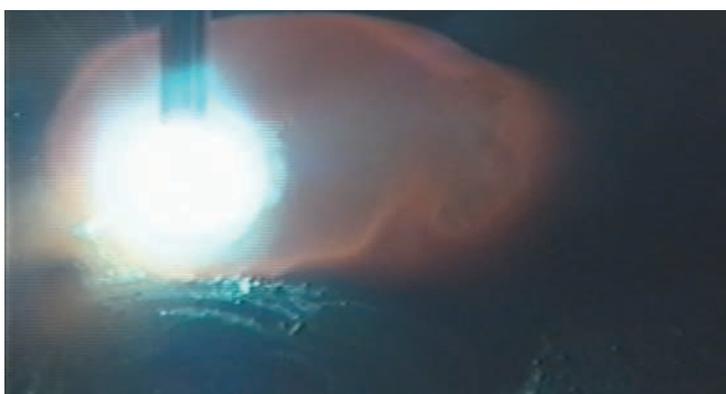
⑦ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



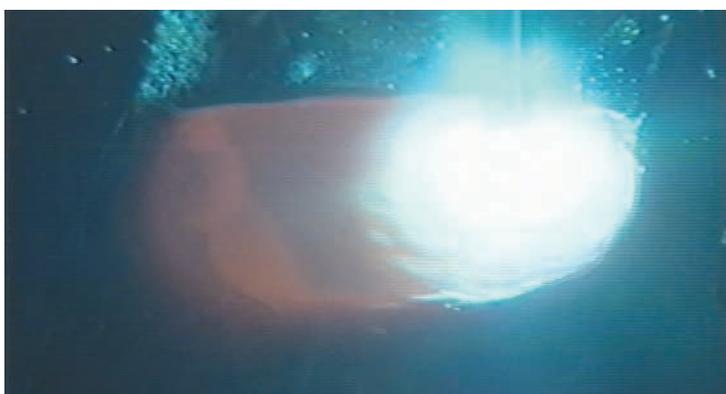
⑧ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑨ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑩ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



（b）12mm板の溶接

（i）溶接姿勢

一般技能者は、ホルダを上から握る基本的なトーチの持ち方により溶接作業を行った。また、高度熟練技能者よりも、やや前のめり（視点が近い位置）姿勢で溶接作業を行った（図6-23）。



図6-23 12mm板の溶接における一般技能者の溶接姿勢

（ii）トーチの動かし方

一般技能者は、1層目溶接では小さなウィービングによりトーチを動かし、主に開先の低部で運棒していた。トーチの保持角度も、基本通りやや倒した前進法によって作業が進められた。

2層目溶接では、ジグザグ型にトーチを動かした。

3層目溶接では、ジグザグ型にトーチを動かした。

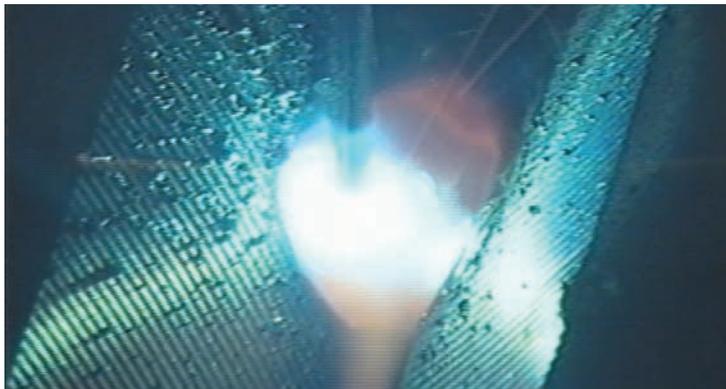
総じて、一般技能者の運棒速度は、高度熟練技能者に比べ速かった。

（iii）溶融池の状態

各層各溶接条件での溶融池の状態は、図6-24の通りである。いずれも溶融池の先端部分でアークが発生していた。また、一般技能者の溶接作業で発生した溶融池は、あまり表面が揺れず、ほぼ一定の楕円を保持したまま推移した。さらに、前進法のとときアークよりも溶融池内の溶融金属が先行する傾向が見られた。

図 6 - 24 一般技能者の12mm板の溶接における溶融池の状態

①12mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



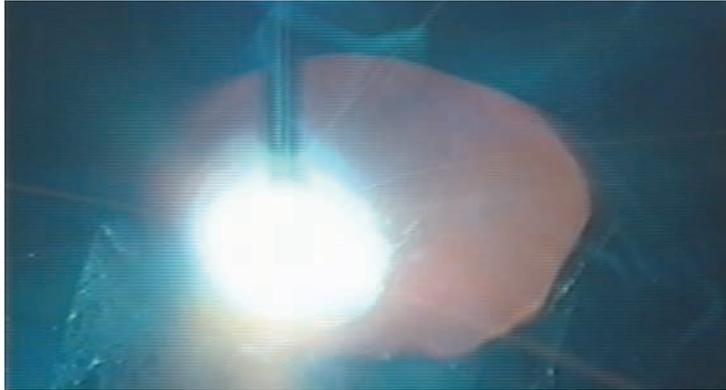
②12mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



③12mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



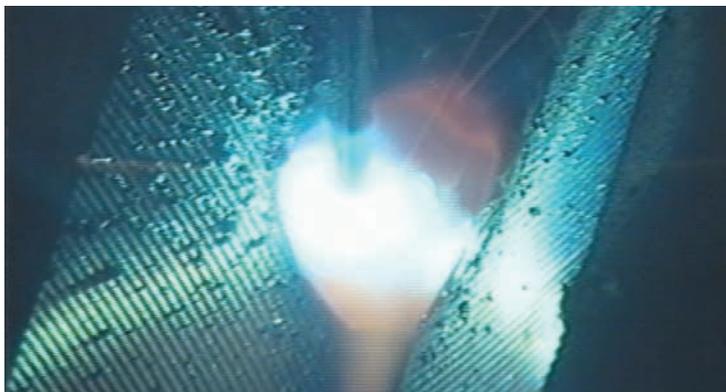
④12mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



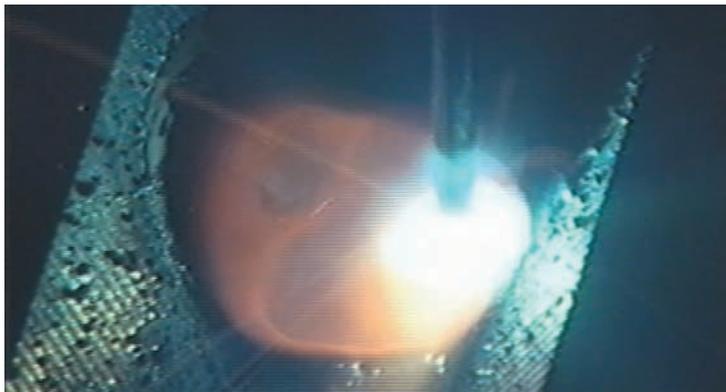
⑤12mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑥12mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



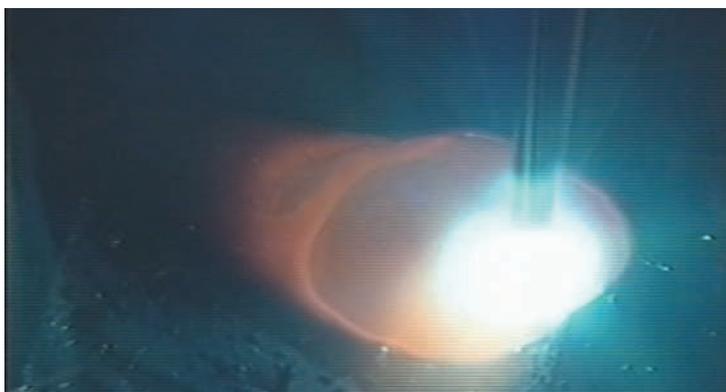
⑦12mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑧12mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑨12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑩12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



（c）19mm板の溶接

（i）溶接姿勢

一般技能者は、ホルダを上から握る基本的なトーチの持ち方により溶接作業を行った。また、高度熟練技能者よりも、やや前のめり（視点が近い位置）姿勢で溶接作業を行った（図6-25）。



図6-25 19mm板の溶接における一般技能者の溶接姿勢

（ii）トーチの動かし方

一般技能者は、1層目溶接では小さなウィービングによりトーチを動かし、主に開先の低部で運棒していた。トーチの保持角度も、基本通りやや倒した前進法によって作業が進められた。2層目溶接と3層目溶接では、ジグザグ型にトーチを動かした。

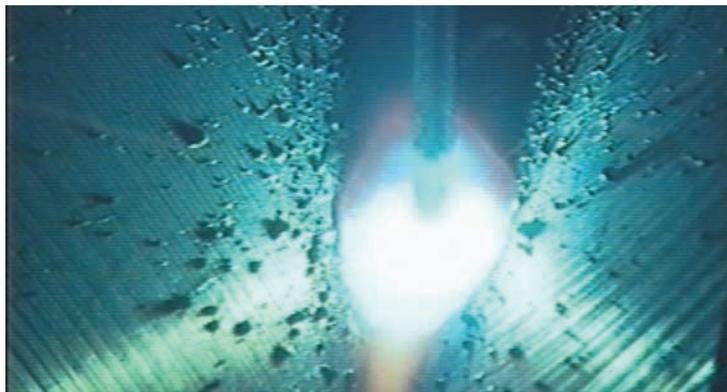
また、4層目溶接以降2パスに振り分けた。このうち中間層では、開先と振り分け直前層の中心線の間で、ジグザグ型を描くように運棒した。最終層では、開先と振り分け直前層の中心線の間で、ジグザグ型の軌跡を描くようにトーチを操作した。

(iii) 溶融池の状態

各層各溶接条件での溶融池の状態は、図6-26の通りである。いずれも溶融池の先端部分でアークが発生していた。また、一般技能者の溶接作業で発生した溶融池は、あまり表面が揺れず、ほぼ一定の楕円を保持したまま推移した。さらに、前進法のと きアークよりも溶融池内の溶融金属が先行する傾向が見られた。

図6-26 一般技能者の19mm板の溶接における溶融池の状態

①19mm板・1層目溶接・低電流値(120A)・前進法



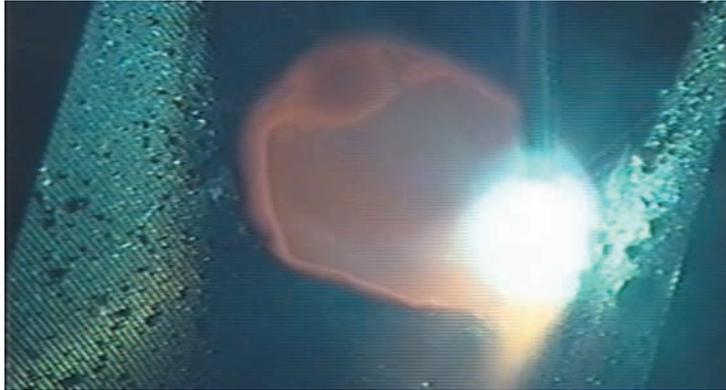
②19mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



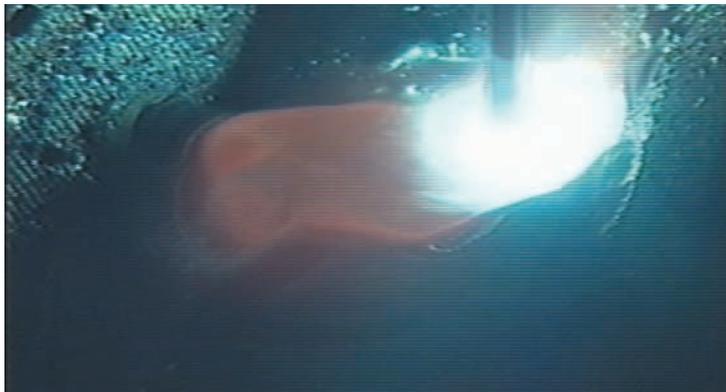
③19mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



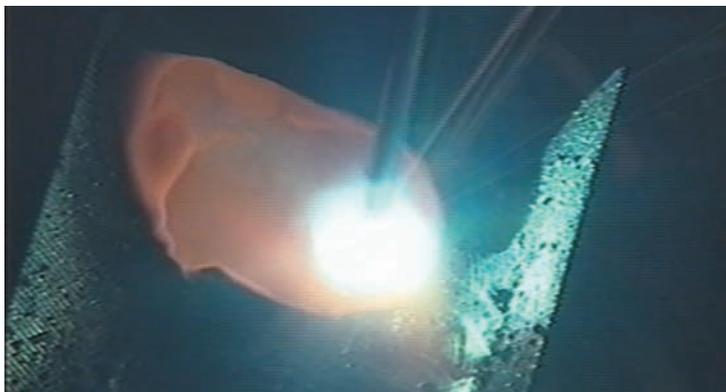
④19mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑤19mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑥19mm板・4層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



⑦19mm板・4層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・前進法



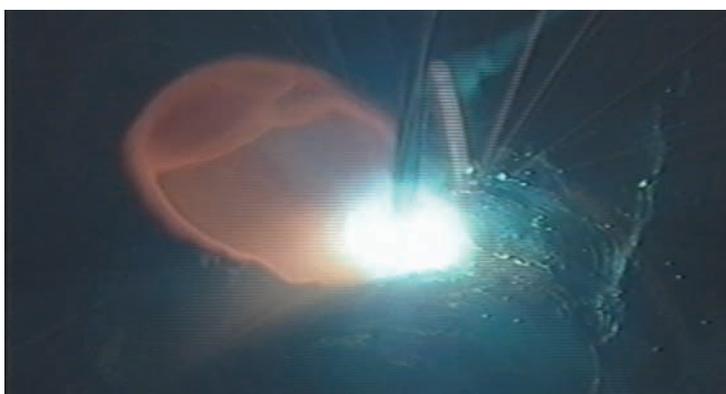
⑧19mm板・4層目1パス目溶接・通常電流値(180A)・後退法



⑨19mm板・4層目2パス目溶接・通常電流値(180A)・後退法



⑩19mm板・5層目1パス目溶接・通常電流値(180A)・前進法



⑪19mm板・5層目2パス目溶接・通常電流値(180A)・前進法



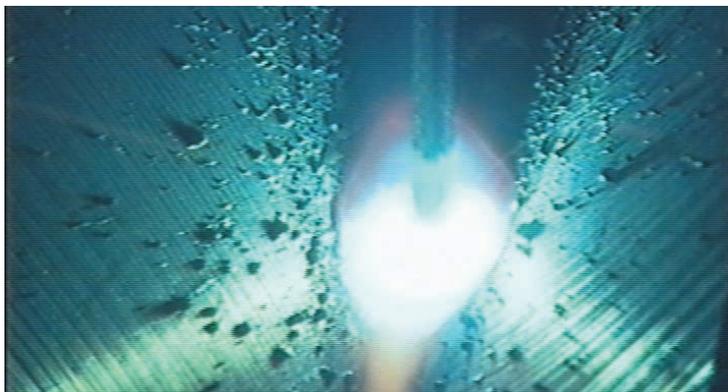
⑫19mm板・5層目1パス目溶接・通常電流値（180A）・後退法



⑬19mm板・5層目2パス目溶接・通常電流値（180A）・後退法



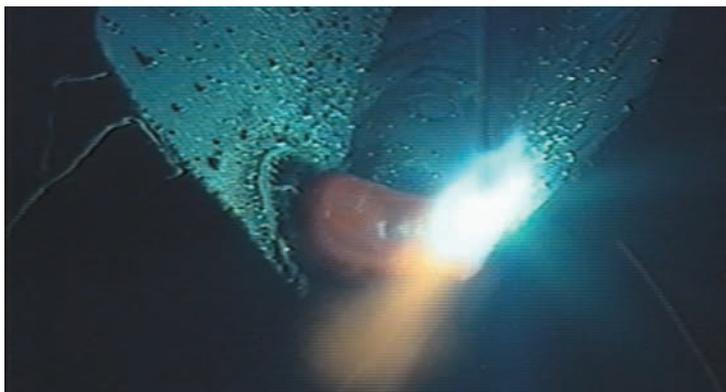
⑭19mm板・1層目溶接・低電流値（120A）・前進法



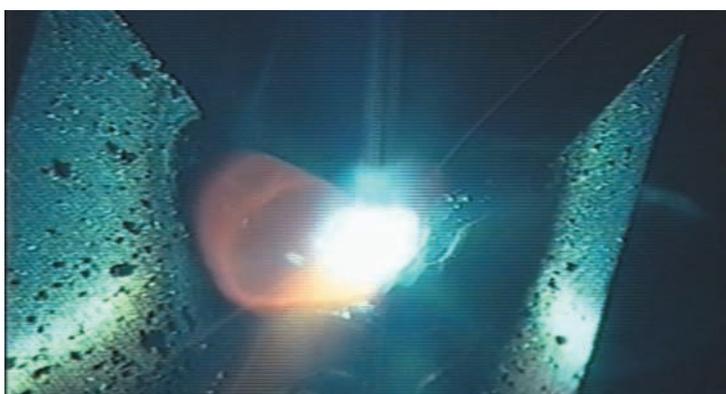
⑮19mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑯19mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑰19mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑱19mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑲19mm板・4層目1パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑳19mm板・4層目2パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



㉑19mm板・4層目1パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



㉒19mm板・4層目2パス目溶接・低電流値（120A）・後退法



㉓19mm板・5層目1パス目溶接・低電流値（120A）・前進法



㊸19mm板・5層目2パス目溶接・低電流値(120A)・前進法



㊹19mm板・5層目1パス目溶接・低電流値(120A)・後退法



㊺19mm板・5層目2パス目溶接・低電流値(120A)・後退法



③ 溶接作業結果

(a) 9 mm板の溶接

一般技能者における9 mm板の溶接のビード形状は、やや幅の乱れはあるものの、楕円の連続を維持しており、ビード外観は良好であると判断できる（図6-27）。

① 9 mm板・通常電流値（180A）・前進法



② 9 mm板・通常電流値（180A）・後退法



③ 9 mm板・低電流値（120A）・前進法



④ 9 mm板・低電流値（120A）・後退法



図6-27 一般技能者の9 mm板の溶接作業結果（ビード形状）

(b) 12mm板の溶接

一般技能者における12mm板の溶接のビード形状を見ると、前進法については、余盛の高さが高度熟練技能者に比べ不安定となっているのに対し、後退法については、余盛が高度熟練技能者に比べやや高すぎる感があった（図6-28）。

①12mm板・通常電流値（180A）・前進法



②12mm板・通常電流値（180A）・後退法



③12mm板・低電流値（120A）・前進法



④12mm板・低電流値（120A）・後退法



図6-28 一般技能者の12mm板の溶接作業結果（ビード形状）

（c）19mm板の溶接

一般技能者における19mm板の溶接のビード形状を見ると、高度熟練技能者に比べ幅が乱れていることに加え、2パスの中心線もやや蛇行している（図6-29）。

①19mm板・通常電流値（180A）・前進法



②19mm板・通常電流値（180A）・後退法



③19mm板・低電流値（120A）・前進法



④19mm板・低電流値（120A）・後退法



図6-29 一般技能者の19mm板の溶接作業結果（ビード形状）

(3) 溶接技能解析システムデータ

本調査では、溶接技能解析システムを用いて、一般技能者のトーチ操作の軌跡を計測している。その結果の概略は、下記の通りである。

なお、このシステムによるデータ取りのためには、撮影とは別に溶接作業を行わなければならないが、時間の制約等から、撮影の溶接作業全てのデータを入手することはできなかった（例、19mm板の溶接のデータ）。また、12mm板の溶接では、撮影用の作業では3層溶接を行ったが、データ収集用の作業では、高度熟練技能者と同じ4層溶接を行った。

① 9 mm板の溶接

一般技能者における9 mm板の溶接のトーチ軌跡は、図6-30の通りである。

まず通常電流値（180A）の2層目溶接の前進法では、進行方向に対して凸の、逆V字型の軌跡を描いている。また溶接開始から溶接作業中盤にかけて、トーチ軌跡がやや斜めになっていることが観察される。一方、2層目溶接の後退法では、ジグザグ型が連続した形状の軌跡となっている。

通常電流値の3層目溶接の前進法では、進行方向に対して凸の逆V字型の軌跡となっているが、2層目溶接よりも幅が広い。後退法についてはデータをとることができなかった。

次に、低電流値（120A）の2層目溶接の後退法を見ると、ジグザグ型が連続した軌跡を描いているが、進行方向がやや斜めに傾く傾向が観察される。前進法については、データを入手できなかった。

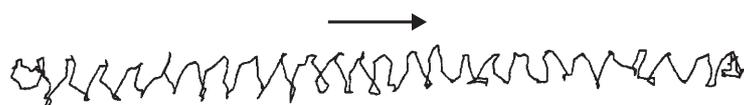
低電流値の3層目溶接は、前進法では、通常電流値と同様、進行方向に対して凸の逆V字型の軌跡となっているが、ウィーピングピッチ幅が小さい。後退法は、2層目溶接と同様、ジグザグ型の軌跡となっているが、ウィーピングピッチ幅は小さい。

図6-30 一般技能者の9 mm板の溶接におけるトーチ軌跡

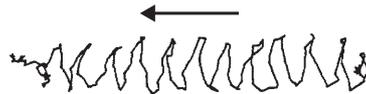
① 9 mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



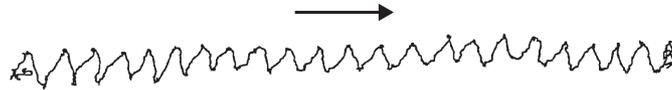
② 9 mm板・2層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



③ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・前進法



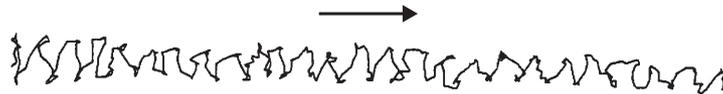
④ 9 mm板・3層目溶接・通常電流値（180A）・後退法



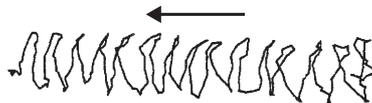
⑤ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



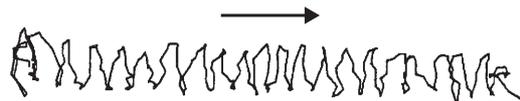
⑥ 9 mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑦ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑧ 9 mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



② 12mm板の溶接

一般技能者における12mm板の溶接のトーチ軌跡は、図6-31の通りである。

まず通常電流値の2層目溶接を見ると、前進法も後退法もジグザグ型の軌跡を描いている。

通常電流値の3層目溶接では、前進法は進行方向に凸の楕円形の軌跡を描いているが、進行方向にやや傾きが観察される。後退法は、2層目溶接と同様ジグザグ型の軌跡となっているが、2層目溶接よりもトーチの振り幅が広く、ウィービングピッチが小さい。

通常電流値の4層目溶接では、前進法は進行方向に凸の楕円形の軌跡を描いている。後退法は、2層目溶接、3層目溶接と同様、ジグザグ型の軌跡を描いているが、ウィー

ビングピッチ幅は、それまでの層よりも小さい。また、進行方向はやや傾きが観察される。

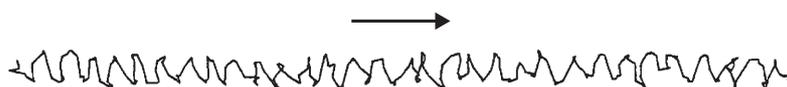
低電流値の2層目溶接では、前進法も後退法も、ジグザグ型の軌跡となっている。但し、前進法では溶接開始から終了まで、後退法では溶接作業の後半に、進行方向にやや傾きが観察される。

図6-31 一般技能者の12mm板の溶接におけるトーチ軌跡

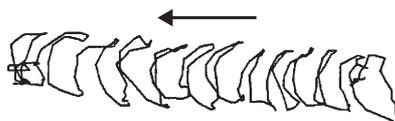
①12mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



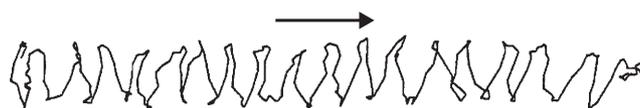
②12mm板・2層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



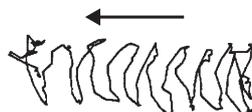
③12mm板・3層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



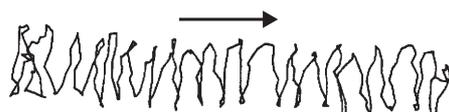
④12mm板・3層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



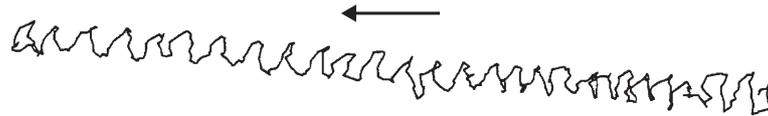
⑤12mm板・4層目溶接・通常電流値(180A)・前進法



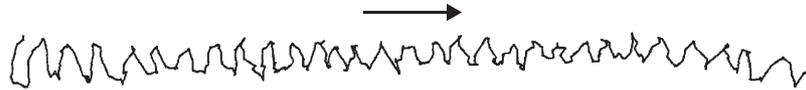
⑥12mm板・4層目溶接・通常電流値(180A)・後退法



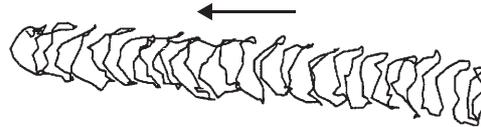
⑦12mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・前進法



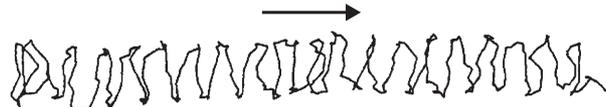
⑧12mm板・2層目溶接・低電流値（120A）・後退法



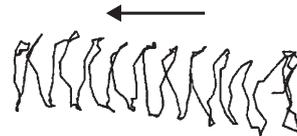
⑨12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・前進法



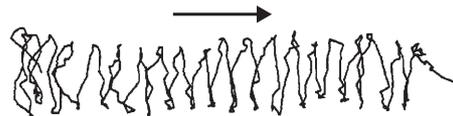
⑩12mm板・3層目溶接・低電流値（120A）・後退法



⑪12mm板・4層目溶接・低電流値（120A）・前進法



⑫12mm板・4層目溶接・低電流値（120A）・後退法



低電流値の3層目溶接では、前進法は、通常電流値と同様、進行方向に凸の楕円形の軌跡を描いているが、ウィービングピッチ幅は小さい。また、進行方向にやや傾きが観察される。後退法も、通常電流値と同様、ジグザグ型の軌跡となっている。

低電流値の4層目溶接では、前進法は進行方向に凸の楕円形の軌跡を描いている。また、進行方向はやや傾きが観察される。後退法は、2層目溶接、3層目溶接と同様、ジグザグ型の軌跡を描いているが、ウィービングピッチ幅は、それまでの層よりも小さい。

(4) 事後ヒアリング調査結果

① 今回の溶接作業について

(a) 12mm板の溶接で3層による溶接にした理由

12mm板の溶接を3層で行ったのは、丸鋼管溶接と条件を合わせることを意識したためであり、本来であれば4層による溶接が適当かもしれない。

(b) 19mm板の溶接で5層7パスを選択した理由

19mm板の溶接を5層7パスで溶接したのは、今までの層が厚くついたので、5層にとどめたためである。最初のイメージは6層8パスであった。

2～3層目溶接の溶接では、トーチのスピードが遅くなったと思うし、トーチの振り幅も小さくできなかったと思う。

(c) 火花が散った理由

溶接作業中火花が散ったのは、電流・電圧値が金属等と合わなかったためと思う。また、溶接機自体が不安定であったことも原因している。高度熟練技能者は電流値の微調整でこれを克服しているらしい。

(d) 溶融池の形状が不変であった理由

運棒操作が細かくなかったため。高度熟練技能者は細かく操作しているため、溶融池に若干の揺れが観察された。

(e) トーチが前後に揺れていた理由

一般技能者のトーチが前後に揺れていたのは、作業担当者の視力が低く、トーチの先が見えにくかったため、距離感が掴めなかったためである。

(f) トーチ操作に関する自己評価

トーチ角度及び溶融池とアークの関係は大丈夫だったと思う。また、後退法の溶接はうまくいっていた。

トーチの距離（ノズル-母材間距離）は不安定だったので、満足のいくものではなかった。

前進法的时候は、アークの当たっている場所が、溶融池から外れてしまい、満足のいくものではなかった。

② 高度熟練技能者の技能について

（a）溶接姿勢

高度熟練技能者の溶接作業の撮影中、同技能者の溶接姿勢を観察していたが、高度熟練技能者は安定姿勢を保持していたと思う。

（b）19mm板の溶接

高度熟練技能者は積層がうまくいっていた。2パスにしてからのアークの当て方もうまくいっており、ビード幅が安定していた。計画的積層がうまくできていた。

（c）低電流値溶接

低電流値の溶接作業については、高度熟練技能者のブレは小さかったと思う。

（d）裏波

高度熟練技能者の裏波は安定していた。

ルートギャップが狭く溶け込み不良が発生しやすいにもかかわらず、高度熟練技能者はうまく対処していた。

（e）その他

高度熟練技能者の中間層溶接はうまくいっていた。特に最終層直前層を平らに盛っていた。

高度熟練技能者のトーチの持ち方が独特であった。左手を支え用に使っていた点も独特であった。

高度熟練技能者の溶接作業を見て、非常に参考となり、感銘を受けた。