

第6章 本調査について（調査結果の概要）

第6章 本調査について（調査結果の概要）

本調査結果の概要は、下記のとおりである。

1．第1課題：水平固定管に応用可能な板の炭酸ガス半自動立て向き溶接

(1) 高度熟練技能者

事前ヒアリング調査結果

(a) 図面を見たときの作業イメージ

イ 事前に考えること

図面を見たとき、材質に見合った溶接ワイヤとして何を選定すべきか、開先角度とルートの厚みはどのくらいか、開先を目の高さにもっていくことを考える。

ロ 作業ポイント

溶融金属が垂れやすくなることに対し、どう対処するかが重要である。

ハ 層数パス数の設定

層数パス数は、9 mm 板が3層3パス、12 mm 板が3層3パス、19 mm 板が4層4パスになるかもしれない。

(b) 作業で気をつけるべきポイント

イ 電流値・電圧値

電流値はほぼ一定の値で設定する。1層目溶接は、電圧18～20 V、電流値90～100 A で作業する。中間層溶接は、電圧18～20 V、電流値110～120 A と若干電流値を上げる。

ロ 身体の姿勢

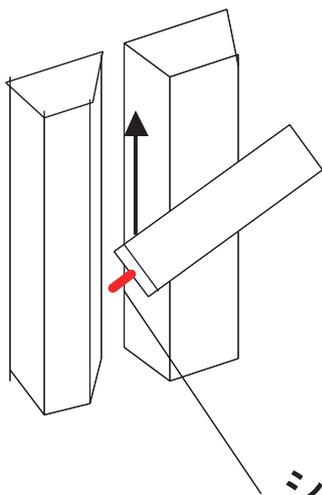
身体の姿勢は、最初は苦しい姿勢でスタートし、徐々に楽な姿勢に持っていく。

ハ 視線

目は斜め上から見るイメージである。溶融池、母材ノズル間距離、ビード形状に注意する。

ニ トーチの持ち方

大きいトーチ角度が維持しやすいため、通常のグリップの握り方をする。



シールドガスを逃がさないように
トーチを下向きにする。

図6 - 1 高度熟練技能者が考える立て向き姿勢溶接におけるトーチ角度

(ホ) トーチの角度

トーチは直角もしくは下向きに構える。これは、シールドガスが逃げることを防ぐためである。通常の構え方では、心線が薄いところしかいかず、開先を通過してガスが逃げてしまう(図6 - 1)。なお、心線は溶融池の上部を狙う。

(ヘ) 母材ノズル間距離

母材ノズル間距離は一定になるように注意する。

(c) 初層溶接のポイント及びその確認方法

初層溶接では、裏波を出しながら溶接することがポイントである。

(d) 中間層の溶接のポイント及びその確認方法

中間層溶接では、最終層が良好に盛るようになるため、また溶接欠陥を防ぐため、真中をへこませたビードの盛り方を行う(図6 - 2)。

運棒方法は、逆三角形を描くような運棒を行う。通常ジグザグのウィーピングの運棒を教えるが、それをやるとビードが凸になりやすいので、上記のやり方を行い、ビードの凸化を防ぐ(図6 - 3)。

(e) 最終直前層の溶接ポイントとその確認方法

最終直前層では、真中をへこむようにビードを盛る。また、最終層まで開先を1 mm 残すことがポイントである。

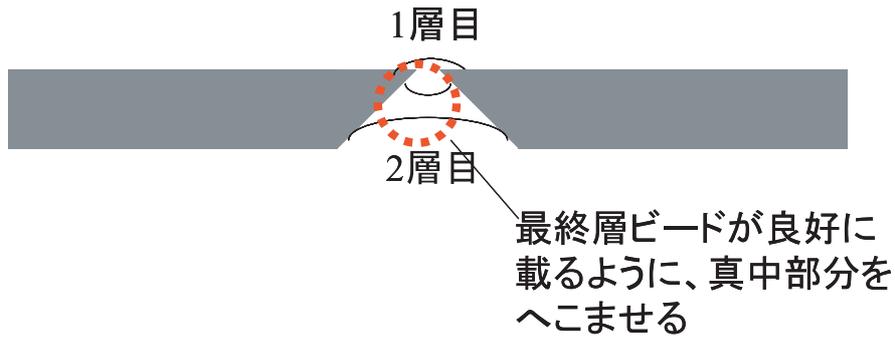


図6 - 2 高度熟練技能者の立て向き姿勢中間層溶接におけるビードの盛り方

運棒方法

高度熟練技能者の運棒

通常の運棒



上から見た動き

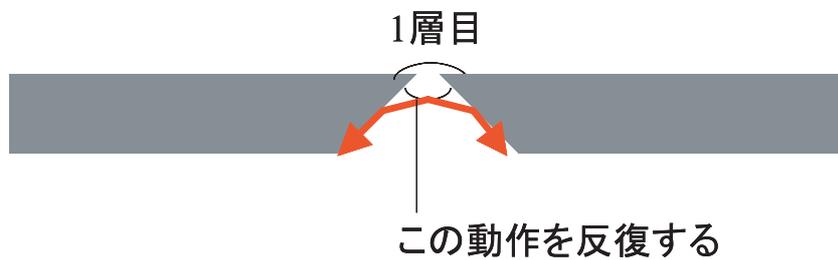


図6 - 3 高度熟練技能者が考える立て向き中間層溶接における運棒方法

(f) 最終層の溶接ポイントとその確認方法

最終層では、波形ビードを描くこと、ピッチを均等にすることがポイントである（図6 - 4）。



図6 - 4 高度熟練技能者が考える立て向き最終層溶接における運棒操作

- (g) **運棒操作の違いによる作業ポイントの違い（2層仕上げ溶接の作業ポイント）**
2層仕上げ溶接のとき、初層を厚く盛るのか、2層目を厚く盛るのか2つの考え方がある。これらは裏波を重視するのか、外観を重視するのかにより、決まる。外観を重視したいので、初層を厚く盛る。
初層の運棒が3層仕上げ溶接と異なり、三角形をおくイメージになる。真中で裏波を出し、両側をゆっくり動かすというイメージになる。
- (h) **加工経験**
保有資格は、経済産業省の半自動溶接のオールポジション、被覆アーク溶接、軟鋼器具のオールポジション、ティグ溶接、自動溶接などである。
なお、会社の方でも経済産業省の溶接資格取得を支援しており、TIG溶接で3名、被覆アーク溶接で4名、半自動溶接で4名、ナローギャップ溶接で4名、自動溶接で16名、サブマージ溶接で4名合格者が出た。
- (i) **その他**
常に同じ形状のビードをおけるように練習すべきである。

実作業

(a) 撮影記録

高度熟練技能者の立て向き姿勢溶接作業は、表6-5の要領で実施された。いずれも電流値及び電圧値は、計器上110 A 前後、18～20 V で設定されたが、実際にはアークの調整により微調整された。

また、最終層だけではなく、中間層の溶接結果も把握できるように、層ごとパスごとに溶接の長さを変えて溶接作業を実施した。必要に応じて同じ層の溶接を2回実施した。

表6-5 高度熟練技能者の立て向き姿勢溶接における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	9 mm 板の立て向き姿勢溶接 1層目溶接	9:41:28	9:43:20	0:01:52
2	9 mm 板の立て向き姿勢溶接 2層目溶接	9:49:44	9:51:28	0:01:44
3	9 mm 板の立て向き姿勢溶接 3層目溶接	10:01:26	10:02:48	0:01:22
4	9 mm 板の立て向き姿勢溶接（2回目） 1層目溶接	10:17:32	10:19:26	0:01:54
5	9 mm 板の立て向き姿勢溶接（2回目） 2層目溶接	10:20:56	10:22:44	0:01:48
6	9 mm 板の立て向き姿勢溶接（2回目） 3層目溶接	10:25:15	10:26:45	0:01:30
7	9 mm 板の立て向き姿勢溶接（2層仕上げ） 2層目溶接	10:32:35	10:34:48	0:02:13
8	12 mm 板の立て向き姿勢溶接（4層仕上げ） 2層目溶接	10:40:15	10:42:08	0:01:53
9	12 mm 板の立て向き姿勢溶接（4層仕上げ） 3層目溶接	10:44:08	10:45:36	0:01:28
10	12 mm 板の立て向き姿勢溶接（4層仕上げ） 4層目溶接	10:49:20	10:50:37	0:01:17
11	12 mm 板の立て向き姿勢溶接（4層仕上げ） 2層目溶接（2回目）	10:53:43	10:55:08	0:01:25
12	12 mm 板の立て向き姿勢溶接（3層仕上げ） 2層目溶接	11:12:50	11:15:45	0:02:55
13	12 mm 板の立て向き姿勢溶接（3層仕上げ） 3層目溶接	11:17:23	11:19:21	0:01:58
14	19 mm 板の立て向き姿勢溶接 2層目溶接	11:23:22	11:26:00	0:02:38
15	19 mm 板の立て向き姿勢溶接 3層目溶接	11:27:32	11:29:08	0:01:36

	作業内容	開始時刻	終了時刻	所要時間
16	19 mm 板の立て向き姿勢溶接 3層目溶接（2回目）	11:32:03	11:38:56	0:06:53
17	19 mm 板の立て向き姿勢溶接 4層目溶接	11:41:17	11:44:32	0:03:15

（注）開始時刻、終了時刻は、カメラのタイムレコードによる。

(b) 溶接準備

高度熟練技能者は、溶接作業を行う前に、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。この作業は、ほとんどの溶接作業を行う前に実施された。

(c) 9 mm 板の立て向き姿勢溶接

イ 全般

(i) 溶接姿勢

9 mm 板の立て向き姿勢溶接における溶接姿勢は、次のような状況であった⁶。

(01) 身体の姿勢

最初は手を伸ばした状態で溶接を開始し、徐々に腕を緩めることで、トーチを上げていった。身体の角度は固定されたままの状態であった（図6 - 6）。

(02) 視線のおき方

視線はトーチよりさらに高い角度から、溶接部分を見ていた。

(03) トーチの持ち方

左手でトーチの根元を持った。肘を固定し、肘から先の腕を動かし、トーチを操作した。

(ii) トーチ角度

トーチをやや下に向けて、作業を行った。

⁶ なお、これらの溶接姿勢を見るとき、撮影機材の存在の影響があることや、撮影しやすくするため作業者が姿勢に無理をしている部分があること、溶接技能解析システムを装着した特殊環境の下で作業をしていたことなどを考慮する必要がある。

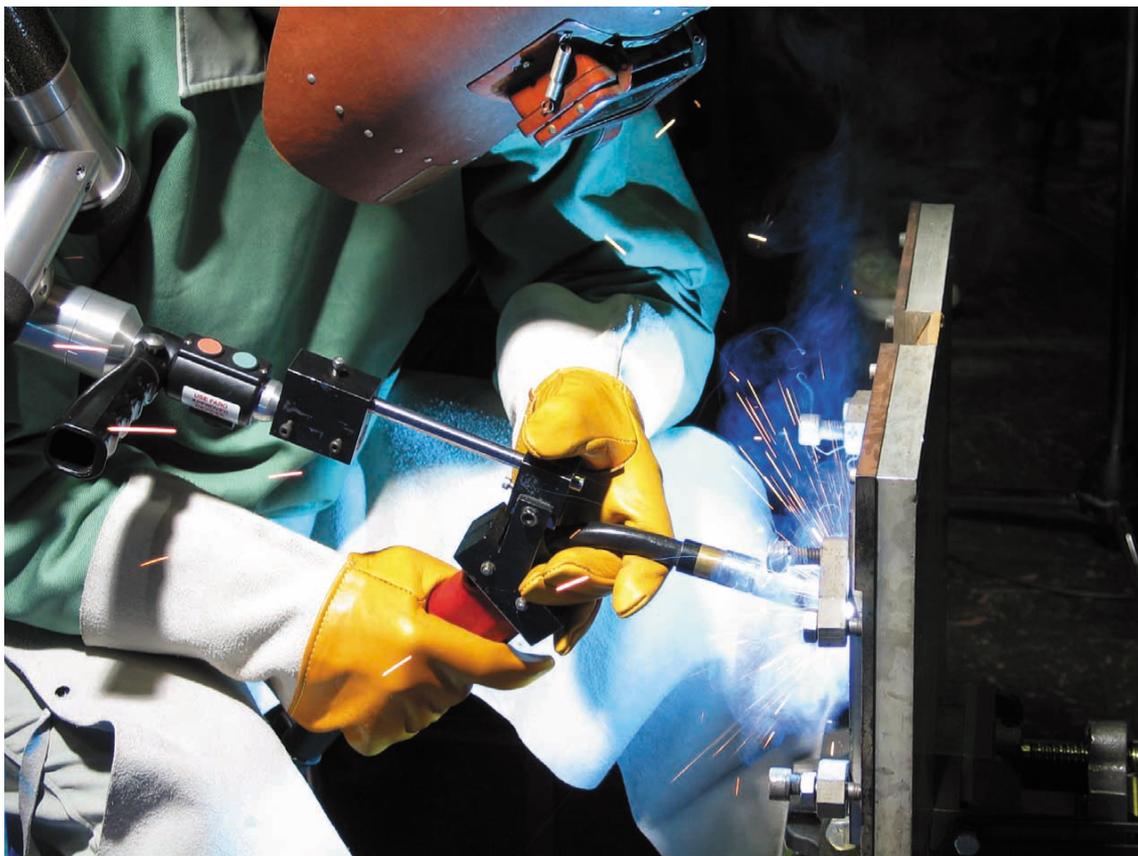


図6 - 6 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢溶接における溶接姿勢

□ 1層目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板 1 層目溶接における高度熟練技能者の運棒を、上から撮影した映像で見ると、前半は左から右への真横の運棒を行っていた。しかし、後半になると、左 ルート方向 右 ルート方向 左.....を繰り返す運棒に変わった（図6 - 7）。

(ii) 溶融池の状況

9 mm 板 1 層目溶接における高度熟練技能者の溶融池の状況を見ると、前半は溶融池が揺れていたが、後半になると溶融池の揺れが止まり、先端部分に大きな黒い穴（キーホール）が現れた（図6 - 8）。

(iii) トーチ移動軌跡

9 mm 板 1 層目溶接のトーチ移動軌跡は、左右に動かしながら、上昇する曲線となった（図6 - 9）。



図6 - 7 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢1層目溶接におけるトーチの状況

前半

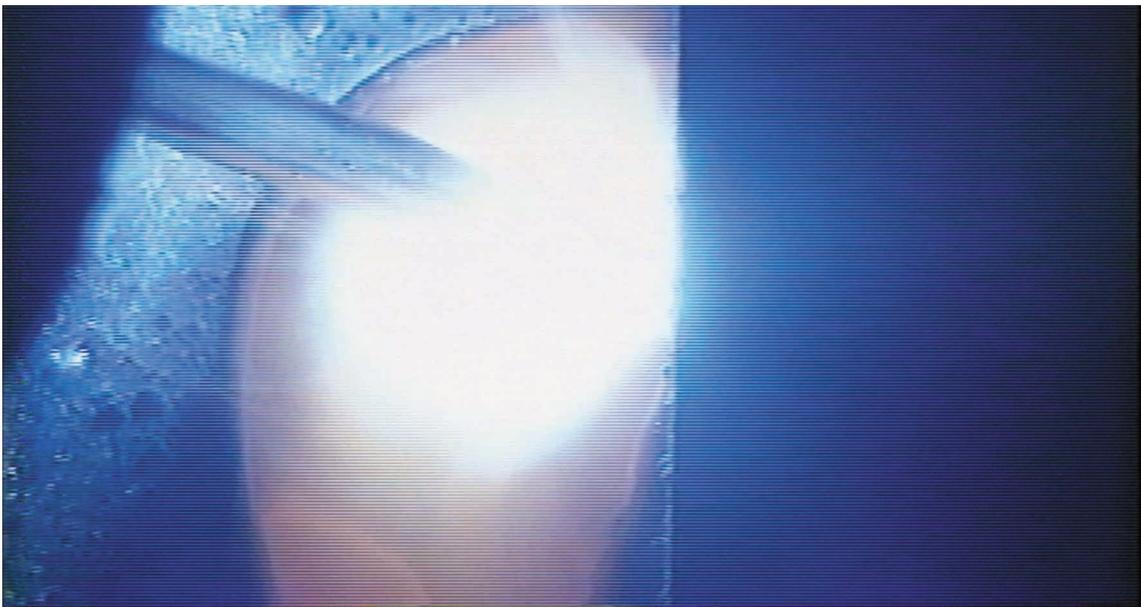


図6 - 8 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢1層目溶接における溶融池の状況

後半

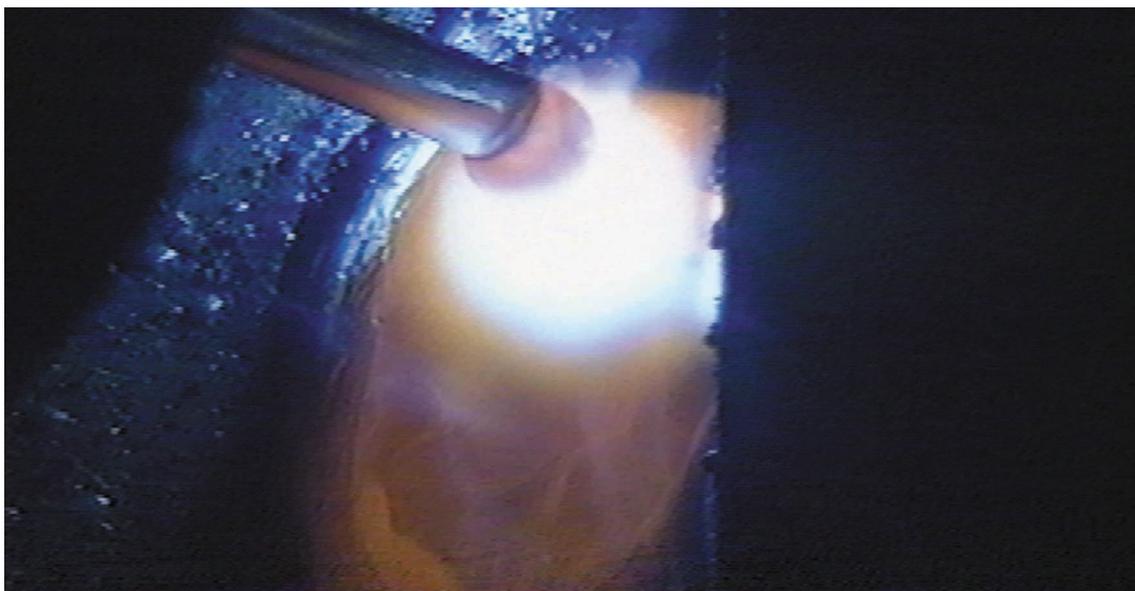
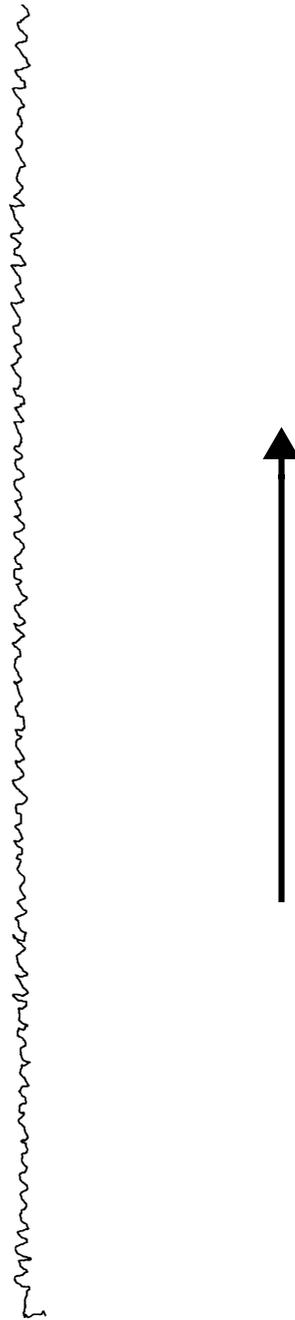


図6 - 8 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢1層目溶接における溶融池の状況



(注) 溶接方向は、下から上へである。

図 6 - 9 高度熟練技能者の 9mm 板立て向き姿勢 1 層目溶接のトーチ移動軌跡

（ハ） 2層目溶接

（i） 運棒の動き

9 mm 板 2 層目溶接では、左 ルート方向 右 ルート方向 左.....を繰り返す逆 V 字の運棒を行った。その際、振り幅は 1 層目溶接よりも広がった（図 6 - 10）。

（ii） 溶融池の状況

9 mm 板 2 層目溶接の溶融池は、前層ビードを中心に左右に揺れながら推移した（図 6 - 11）。

（iii） トーチ移動軌跡

9 mm 板 2 層目溶接のトーチ移動軌跡は、逆 V 字を描く図形となった（図 6 - 12）。



図 6 - 10 高度熟練技能者の 9 mm 板立て向き姿勢 2 層目溶接におけるトーチの状況

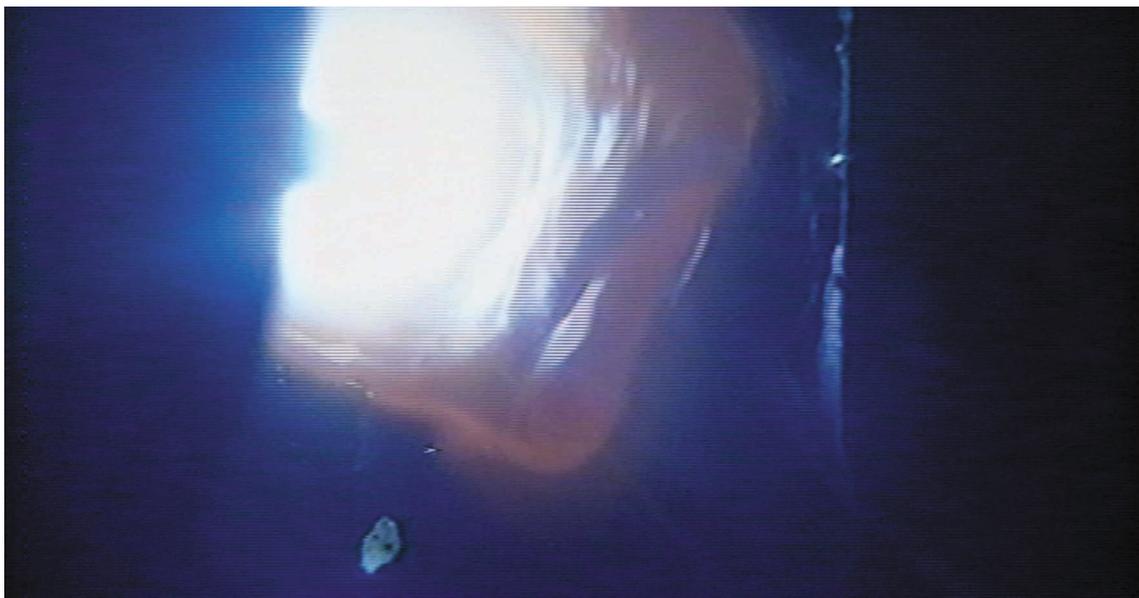
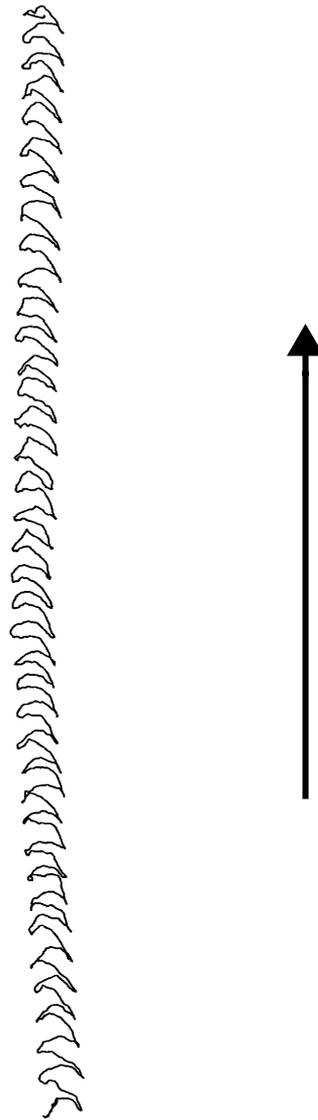


図 6 - 11 高度熟練技能者の 9 mm 板立て向き姿勢 2 層目溶接における溶融池の状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 12 高度熟練技能者の9mm 板立て向き姿勢2層目溶接のトーチ移動軌跡

(二) 3層目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板 3 層目溶接では、高度熟練技能者は楕円形を描く運棒を行った。また、振り幅は同じ板厚の 2 層目溶接より広がった (図 6 - 13)。

(ii) 溶融池の状況

開先を含めた両止端部と前層ビード上に溶融池が位置し、揺れていた (図 6 - 14)。

(iii) トーチ移動軌跡

9 mm 板 3 層目溶接のトーチ移動軌跡を見ると、楕円形を描く図形となった。また、ピッチ幅や振り幅は均等であった (図 6 - 15)。



図 6 - 13 高度熟練技能者の 9 mm 板立て向き姿勢 3 層目溶接におけるトーチの状況

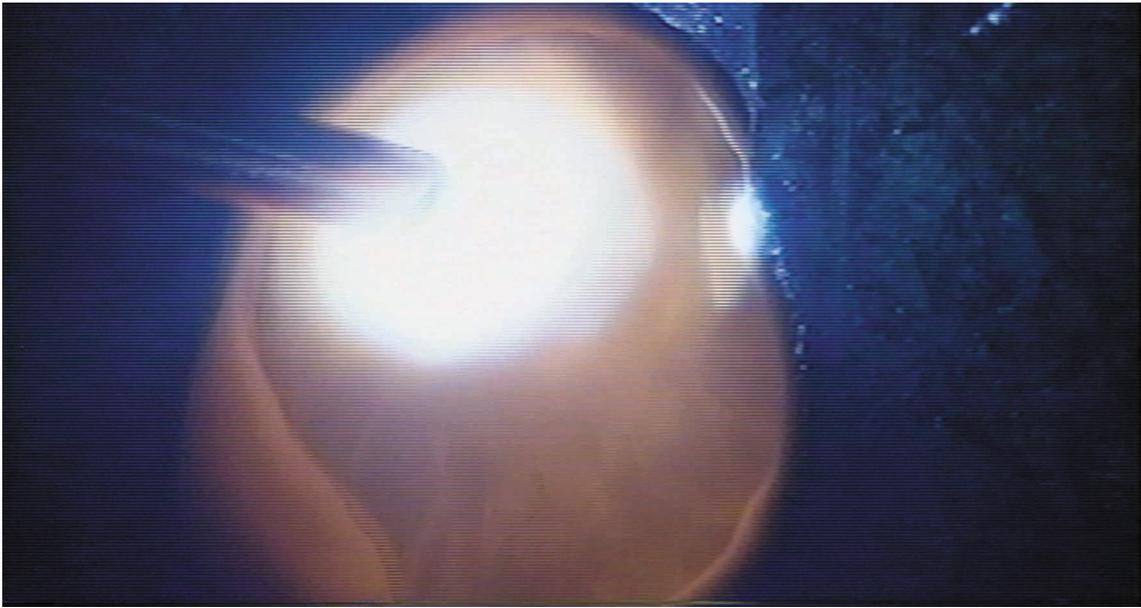
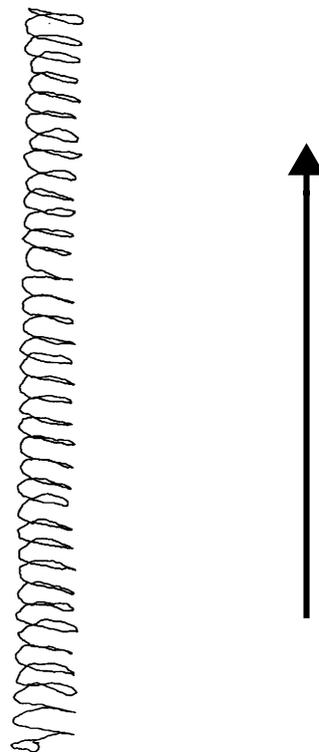


図6 - 14 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢3層目溶接における溶融池の状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 15 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢3層目溶接のトーチ移動軌跡

ホ 溶接作業結果

(i) 完成品

高度熟練技能者の9mm板立て向き姿勢溶接の溶接結果を見ると、ビード幅が一定でまっすぐな形状となっている。また、余盛りの高さも低く仕上がっており、良好なビード外観となっている(図6-16)。



図6-16 高度熟練技能者の9mm板立て向き姿勢溶接の最終溶接結果

(ii) マクロ試験結果

9 mm 板立て向き姿勢溶接の完成品をマクロ試験で検査したところ、各層とも十分な溶け込みが得られていること、溶接欠陥がなく良好な溶接が行われていたこと、などが明らかになった（図6 - 17）。

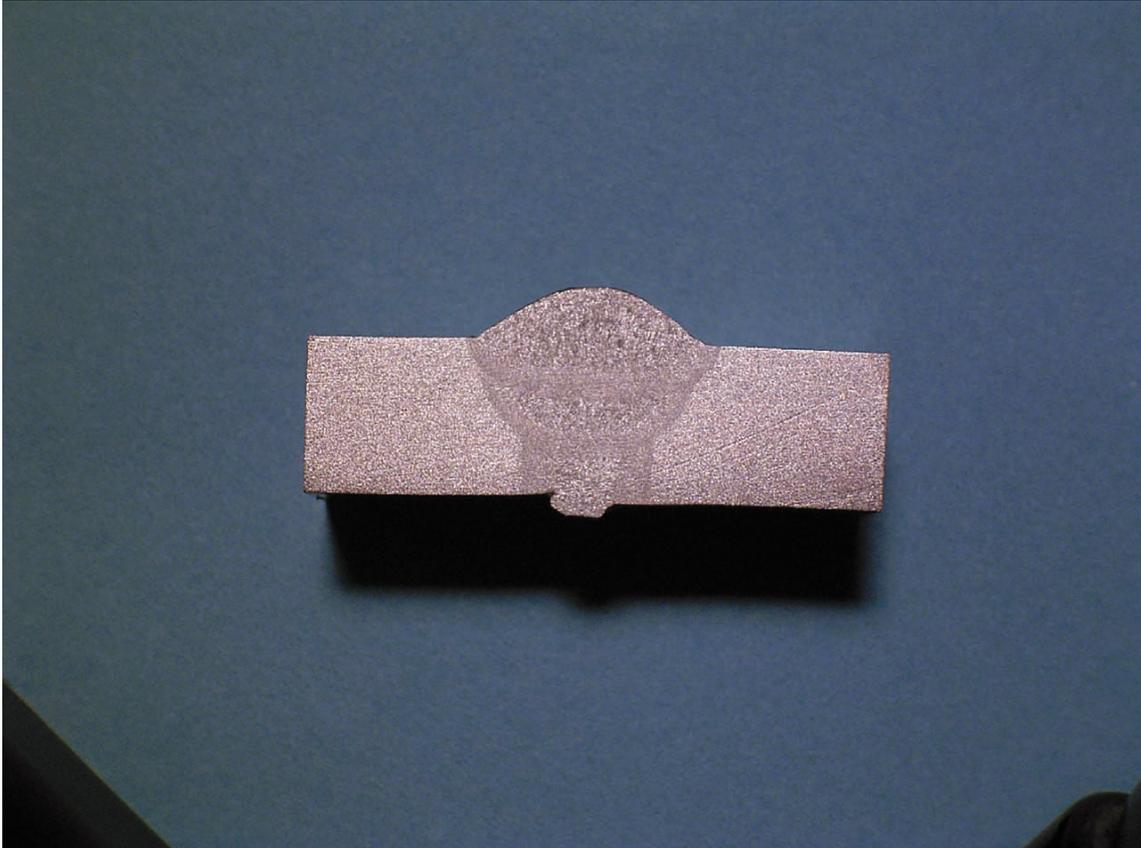


図6 - 17 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢溶接の完成品のマクロ試験

(d) 9 mm 板 2 層仕上げの立て向き姿勢溶接

イ 全般

(i) 溶接姿勢

9 mm 板 2 層仕上げの立て向き姿勢溶接における溶接姿勢は、3 層仕上げ溶接と大きな違いはなく、最初は手を伸ばした状態で溶接を開始し、徐々に腕を緩めることで、トーチを上げていった。トーチもやや下向きに構えた(図 6 - 18)。

(ii) 溶融池の状況

溶融池は、3 層仕上げ 1 層目溶接の前半同様、揺れながら推移する動きを示した。

ロ 2 層目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板 2 層仕上げ溶接の 2 層目溶接における運棒は、開先壁面から初層ビード表面をアークでトレースするような動きで、左 ルート方向 右 左.....を繰り返すデルタを描く動きであった。このとき、振り幅は、9 mm 板 3 層仕上げの 3 層目溶接より狭かった(図 6 - 19)。



図 6 - 18 高度熟練技能者の 9 mm 板立て向き姿勢溶接(2 層仕上げ溶接)における溶接姿勢

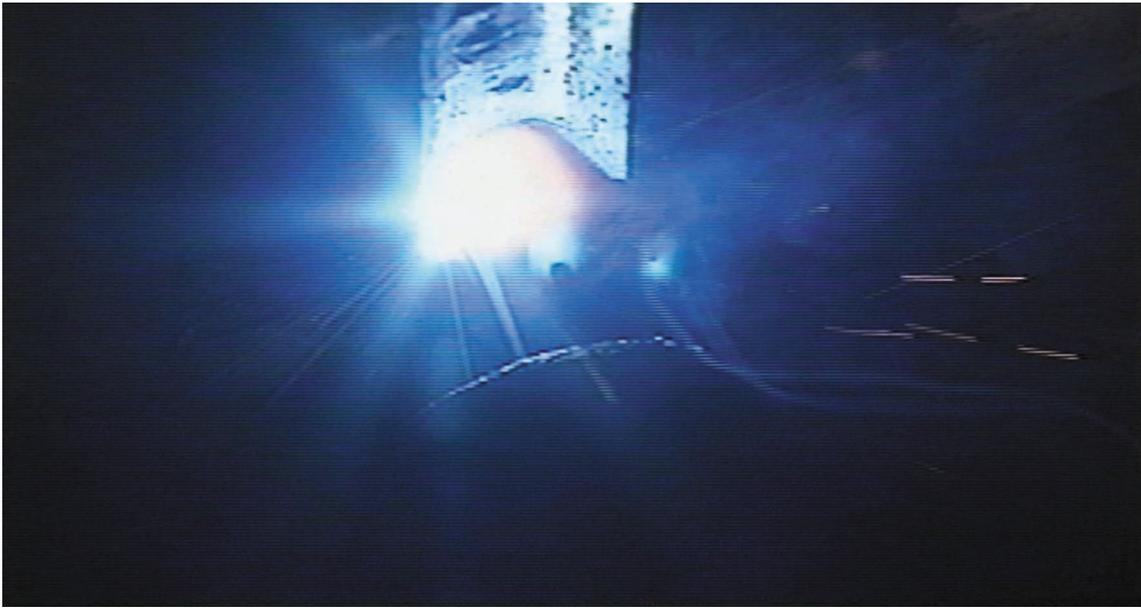
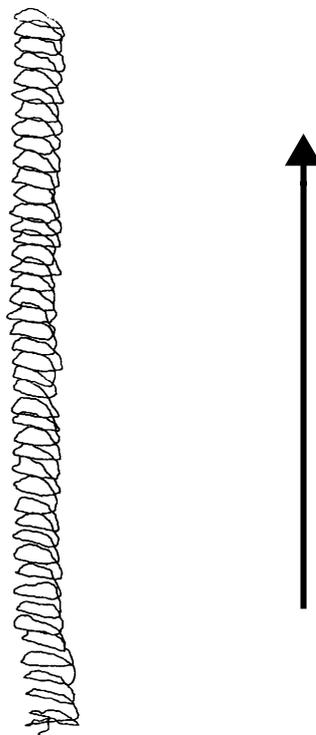


図6 - 19 高度熟練技能者の9mm 板立て向き姿勢2層目溶接（2層仕上げ溶接）におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 20 高度熟練技能者の9mm 板立て向き姿勢2層目溶接のトーチ移動軌跡（2層仕上げ溶接）

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板 2 層仕上げ溶接の 2 層目溶接のトーチ移動軌跡を見ると、三角形に近い楕円形を描く図形となった。また、振り幅は均等で安定していた。同じ板厚の 3 層仕上げ溶接の 3 層目溶接と比較すると、楕円形の大きさが大きくなったが、これは、ルート方向へ運棒する動きが行われたことや 3 層仕上げ溶接よりもゆっくりとした運棒が行われたことによるものと推察される (図 6 - 20)。

(Ⅷ) 溶接作業結果

(i) 完成品

9 mm 板立て向き姿勢溶接 (2 層仕上げ溶接) の溶接結果を見ると、9 mm 板 3 層仕上げ溶接と同様、ビードの幅が一定で良好な仕上がりとなっている。また、余盛りの高さについても、3 層仕上げ溶接よりも低く仕上がった (図 6 - 21)。



図 6 - 21 高度熟練技能者の 9 mm 板立て向き姿勢溶接 (2 層仕上げ溶接) の最終溶接結果

(ii) マクロ試験結果

9 mm 板 2 層仕上げ溶接のマクロ試験結果を見ると、溶け込み深さが板厚の3分の2近くに至っており、十分な溶け込みが得られていることが窺われる。溶け込み深さを9 mm 板 3 層仕上げ溶接と比較すると、溶け込み量が3層仕上げよりも大きくなっている（図6 - 22）。

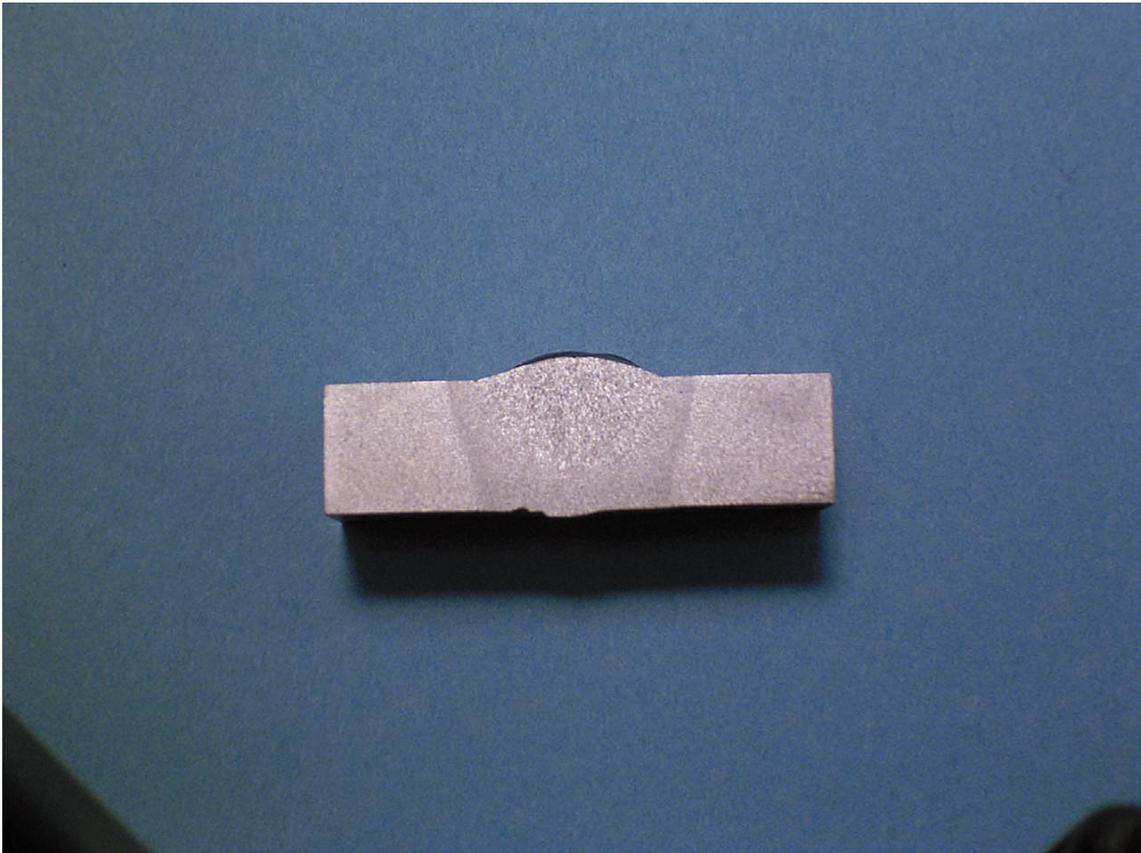


図6 - 22 高度熟練技能者の9 mm 板立て向き姿勢溶接（2層仕上げ溶接）の完成品のマクロ試験

(e) **12 mm 板の立て向き姿勢溶接**

(イ) **全般**

(i) **溶接姿勢**

12 mm 板立て向き姿勢溶接における高度熟練技能者の溶接姿勢を見ると、9 mm 板溶接と同様、手を伸ばした状態からスタートし、徐々に腕を上げながらトーチを上進させており、両肘を膝の上に載せた状態で作業した。トーチ角度は垂直ないしやや下向きに構えていた。ただし、12 mm 板溶接では、ときどき左親指などをトーチの上に載せる動きが見られた。これは、溶接技能解析システムのトーチへの装着に伴い、トーチを動かすのに、通常の溶接よりも大きな力を必要としたため、左手を使ってトーチを支えやすくするためである（図 6 - 23）。

(ii) **溶融池の状況**

12 mm 板溶接でも、高度熟練技能者の溶融池は表面の溶融金属が揺れながら上進する動きを示しており、9 mm 板 1 層目溶接の後半で見られたキーホールは現れなかった。

(ロ) **2 層目溶接（4 層仕上げ溶接）**

(i) **運棒の動き**

12 mm 板 2 層目溶接（4 層仕上げ溶接）における運棒の動きは、上から撮影した映像で見ると、左 ルート方向 右 ルート方向 左.....を繰り返す逆 V 字の動きであった。運棒速度を見ると、止端部付近での運棒速度も遅く、止端部とそれ以外の部分での運棒速度の差は、9 mm 板 2 層目溶接よりも明確に現れていた（図 6 - 24）。

(ii) **トーチ移動軌跡**

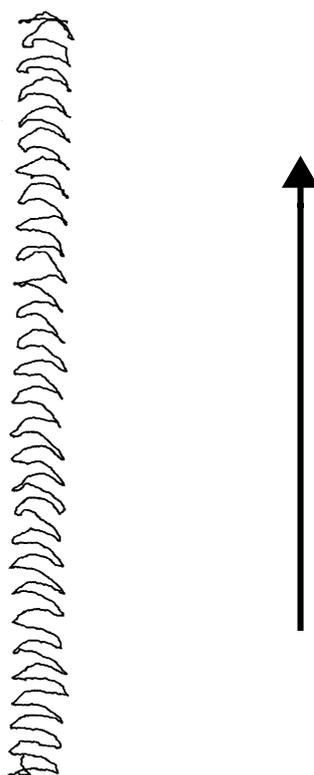
12 mm 板 2 層目溶接（4 層仕上げ溶接）におけるトーチ移動軌跡を見ると、逆 V 字を描く図形となった。振り幅は、9 mm 板 2 層目溶接よりも広がった（図 6 - 25）。



図6 - 23 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢溶接における溶接姿勢



図6 - 24 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢2層目溶接（4層仕上げ溶接）におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、下から上へである。

図6 - 25 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢2層目溶接（4層仕上げ溶接）のトーチ移動軌跡

Ⅷ 3層目溶接（4層仕上げ溶接）

(i) 運棒の動き

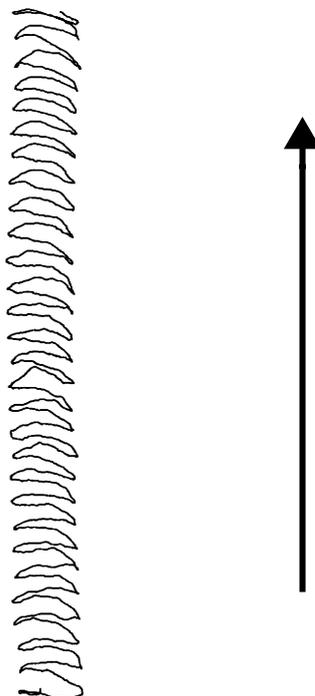
12 mm 板3層目溶接（4層仕上げ溶接）における運棒を上から見ると、2層目溶接と同様、左 ルート方向 右 ルート方向 左.....を繰り返す運棒を行った。2層目溶接と異なるのは、止端部での運棒速度で、2層目溶接ではゆっくりと運棒されていたのに対し、3層目溶接では、その他と同じ速度で運棒された（図6 - 26）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板3層目溶接（4層仕上げ溶接）のトーチ移動軌跡は、2層目溶接同様、逆V字の図形となったが、2層目溶接よりも振り幅が広がった（図6 - 27）。



図6 - 26 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢3層目溶接（4層仕上げ溶接）におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 24 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢2層目溶接（4層仕上げ溶接）におけるトーチの状況

(二) 4層目溶接（4層仕上げ溶接）

(i) 運棒の動き

12 mm 板 4層目溶接（4層仕上げ溶接）における運棒は、左右に動く真横の運棒を行い、3層目までのようなルート方向の動きはなかった（図6 - 28）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板 4層目溶接（4層仕上げ溶接）のトーチ軌跡は、楕円形となっている（図6 - 29）。なお、9 mm 板 3層目溶接に比べ、ピッチ幅が狭かった。

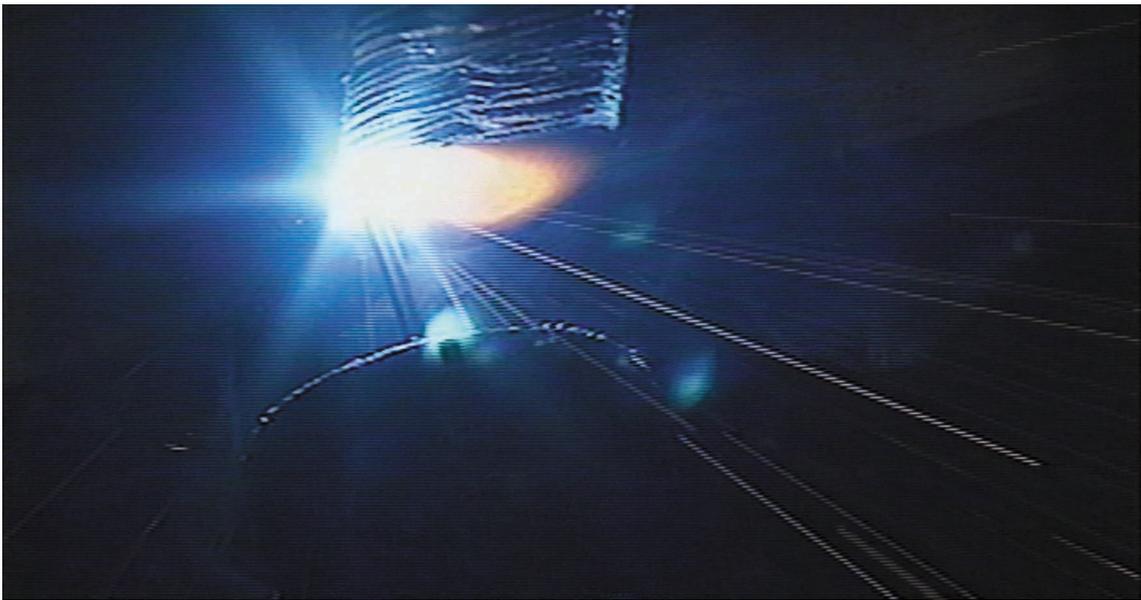
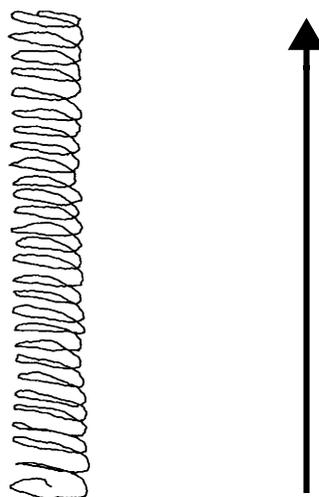
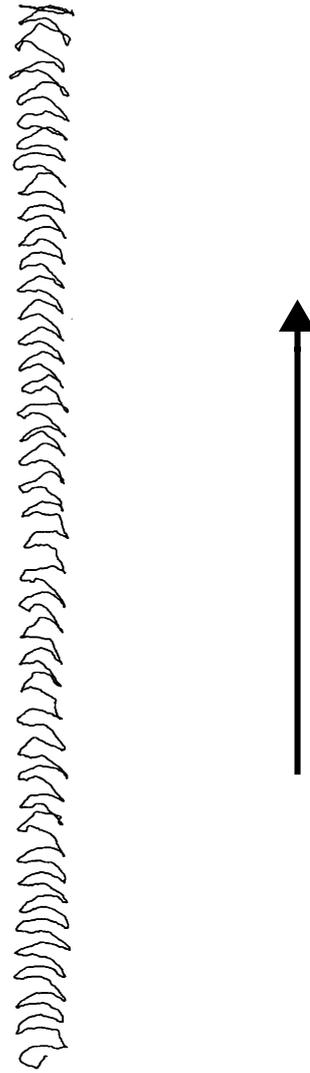


図6 - 28 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢4層目溶接（4層仕上げ溶接）におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 29 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢4層目溶接（4層仕上げ溶接）のトーチ移動軌跡



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 30 高度熟練技能者の12mm 板立て向き姿勢2層目溶接（4層仕上げ溶接、2回目）のトーチ移動軌跡

ホ 2層目溶接（4層仕上げ溶接、2回目）

12 mm 板立て向き姿勢の2層目溶接（4層仕上げ溶接）については、2回溶接を行った。2回目の2層目溶接のトーチ移動軌跡は、図6 - 30のとおりで、1回目の2層目溶接（4層仕上げ溶接）と同様、逆V字を描く図形となった。

ヘ 2層目溶接（3層仕上げ溶接）

(i) 運棒の動き

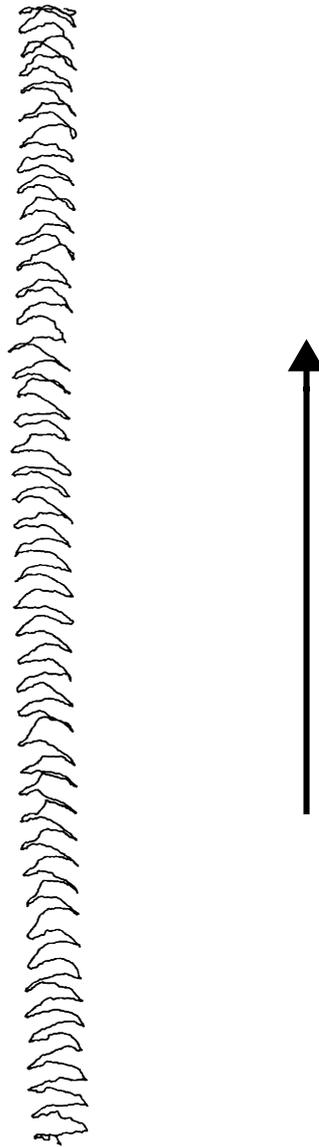
12 mm 板立て向き姿勢の2層目溶接（3層仕上げ溶接）における運棒は、4層仕上げ溶接の2層目溶接と同様、左 ルート方向 右 ルート方向 左.....を繰り返す逆V字の運棒を行った（図6 - 31）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板立て向き姿勢2層目溶接（3層仕上げ溶接）のトーチ移動軌跡を見ると、4層仕上げ溶接の2層目溶接と同様、逆V字を描く図形となった（図6 - 32）。



図6 - 31 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢2層目溶接（3層仕上げ溶接）におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 32 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢2層目溶接（3層仕上げ溶接）のトーチ移動軌跡

(ト) 3層目溶接

(i) 運棒の動き

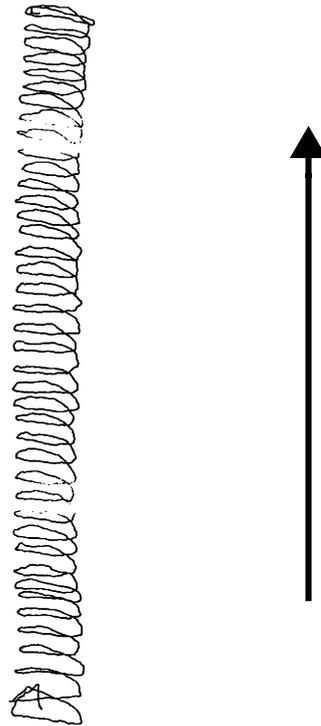
12 mm 板立て向き姿勢3層目溶接(3層仕上げ溶接)における運棒は、楕円形を描く動きであった(図6-33)。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板立て向き姿勢3層目溶接(3層仕上げ溶接)のトーチ移動軌跡を見ると、楕円形を描く図形となり、ピッチ幅と振り幅が均等であった(図6-34)。なお、9 mm 板3層目溶接に比べ、ピッチ幅が狭かった。



図6-33 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢3層目溶接(3層仕上げ溶接)におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 34 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢3層目溶接（3層仕上げ溶接）のトーチ移動軌跡

（チ）溶接作業結果

12 mm 板立て向き姿勢溶接の溶接結果を見ると、まず4層仕上げ溶接では、2層目溶接のビードは、交互に左右にずれたビード形状となっている。3層目溶接のビードも同様であった。4層目溶接のビードは、9 mm 板同様、ビード間隔が均等で平らなビード形状となっており、余盛りの高さも低かった。

また、3層仕上げ溶接では、2層目までの溶接結果を見ると、2層目溶接のビードが4層仕上げ溶接の2層目溶接のビードと同様、交互に左右にずれた形状となっている。最終溶接結果を見ると、3層目溶接のビード形状は、ビード間隔が均等なまっすぐで平らな形状となっているが、個々のビードは、4層仕上げ溶接の4層目溶接よりも丸みを帯びていた（図6 - 35、図6 - 36）。

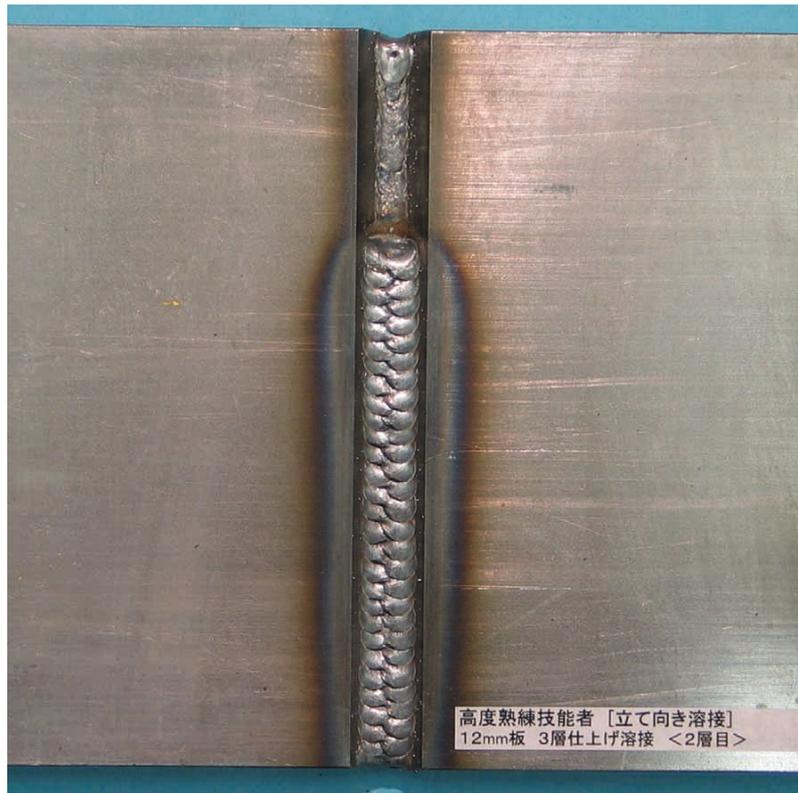


図6 - 35 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢溶接（3層仕上げ溶接）の2層目までの溶接結果

4層仕上げ溶接



図6 - 36 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢の最終溶接結果

3層仕上げ溶接



図6 - 36 高度熟練技能者の12 mm 板立て向き姿勢の最終溶接結果

(f) **19 mm 板の立て向き姿勢溶接**

(イ) **全般**

(i) **溶接姿勢**

19 mm 板の立て向き姿勢溶接における溶接姿勢では、最初手を伸ばした状態で溶接を開始し、徐々に腕を緩めながらトーチを上げていったことや、トーチを下向きに構えて作業を行ったこと、トーチより高い部分から溶接部分を見ていたことなどは、9 mm 板溶接や12 mm 板溶接と同様であった。ただし、19 mm 板溶接では、ときどき左手親指をトーチの上へおいたこと、肘から先の腕の動きでトーチを操作したことが異なっていた(図6 - 37)。

(ii) **溶融池**

19 mm 板立て向き姿勢溶接における溶融池は、板の間を中心に揺れながら推移した。

(ロ) **2 層目溶接**

(i) **運棒の動き**

19 mm 板立て向き姿勢の2層目溶接では、開先壁面と初層ビード表面をアークでなぞる台形を描く運棒を行った。この点は、左 ルート方向 右 ルート方向 左.....を繰り返す、9 mm 板2層目溶接や12 mm 板2層目溶接とは異なる運棒パターンであった。また、振り幅はこれらの溶接よりも広がった。

なお、運棒速度に注目すると、止端部付近での運棒速度が遅く、その他の場所での運棒速度は速かった(図6 - 38)。

(ii) **トーチ移動軌跡**

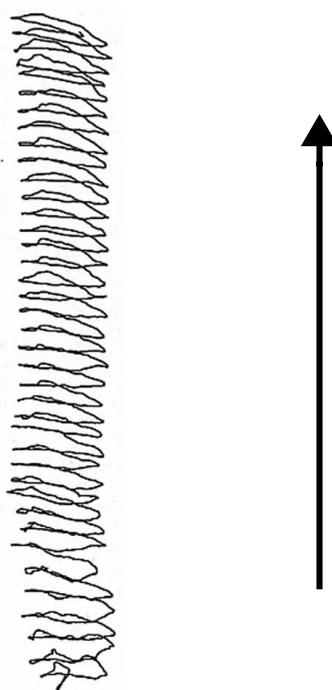
19 mm 板立て向き姿勢2層目溶接におけるトーチ移動軌跡を見ると、平たい楕円形を描く図形となった。これは、運棒が台形を描く動きであったことによるものである(図6 - 39)。



図6 - 37 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢溶接における溶接姿勢



図6 - 38 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢2層目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、下から上へである。

図 6 - 39 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢 2 層目溶接のトーチ移動軌跡

(Ⅷ) 3 層目溶接

(i) 運棒の動き

19 mm 板立て向き姿勢 3 層目溶接の運棒は、ルート方向に逆 U 字を描く運棒であった。また、止端部付近でゆっくりと運棒し、その他では速く運棒した。振り幅を見ると、2 層目より広がった (図 6 - 40)。

(ii) トーチ移動軌跡

19 mm 板立て向き姿勢 3 層目溶接のトーチ移動軌跡を見ると、平たい楕円形を描く図形となった。これは、ルート方向に逆 U 字の運棒を行ったためである。また、振り幅を見ると、同じ板厚同じ姿勢の 2 層目溶接よりも広がった (図 6 - 41)。

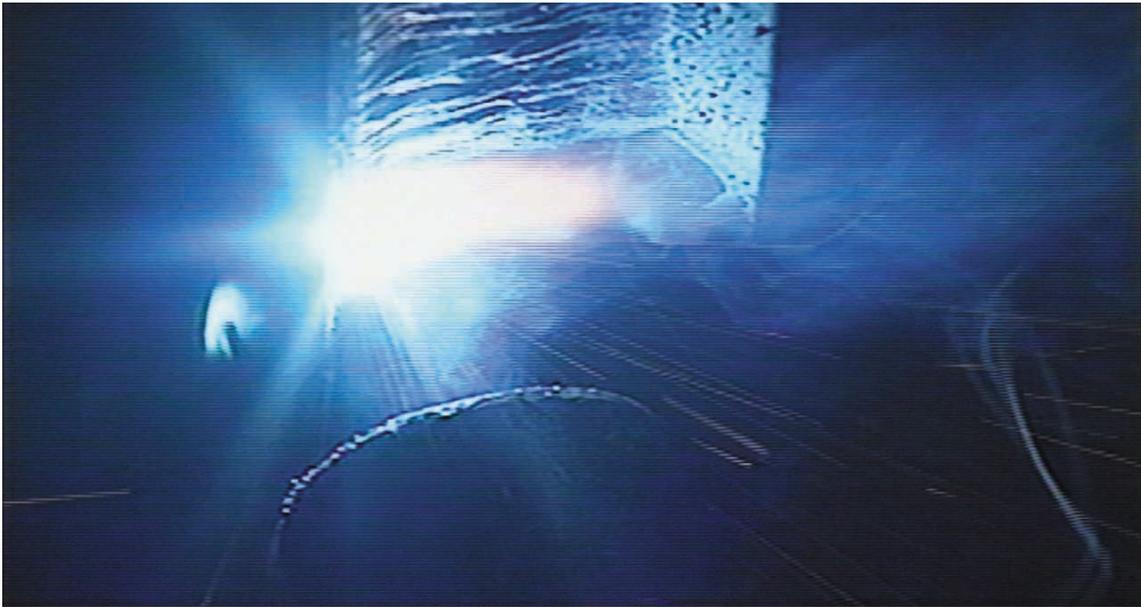
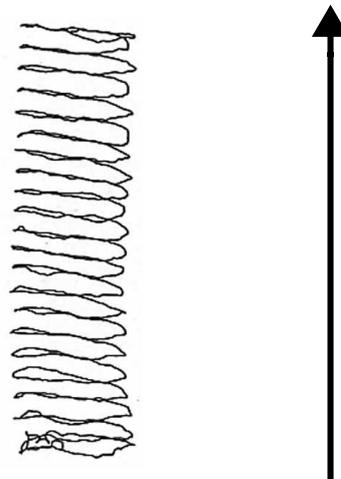
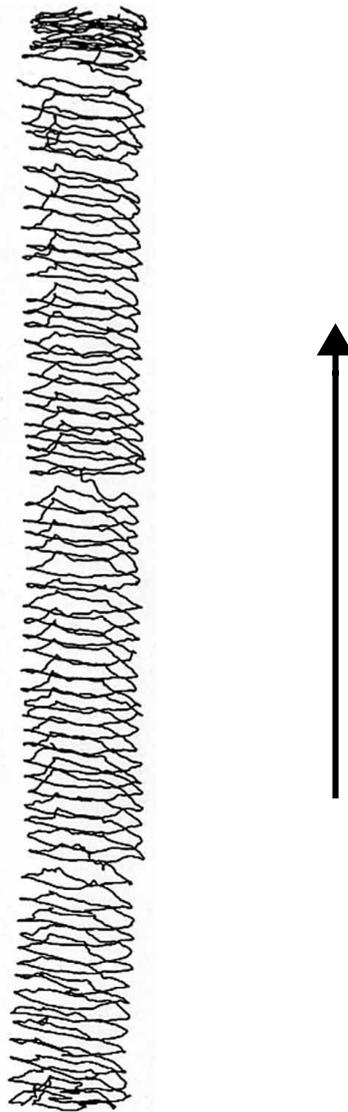


図6 - 40 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢3層目溶接におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、下から上へである。

図6 - 41 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢3層目溶接のトーチ移動軌跡



(注) 溶接方向は、下から上へである。

図6 - 42 高度熟練技能者の19mm 板立て向き姿勢3層目溶接(2回目)のトーチ移動軌跡

(二) 3層目溶接（2回目）

19 mm 板立て向き姿勢3層目溶接については2回撮影を行った。そのトーチ移動軌跡は、図6 - 42となり、平たい楕円形を描く図形となった。

(ホ) 4層目溶接**(i) 運棒の動き**

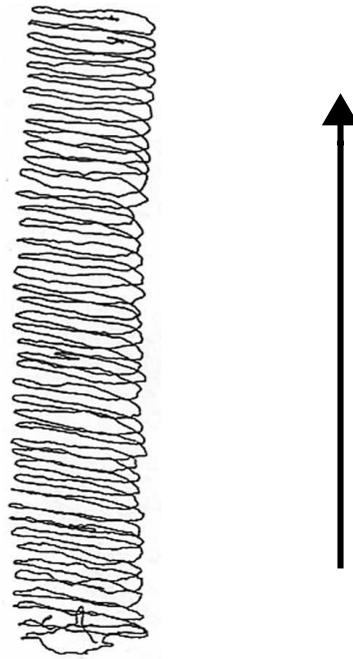
19 mm 板立て向き姿勢4層目溶接の運棒は、横長の楕円を描く運棒であった。振り幅は、同じ最終層溶接である9 mm 板3層目溶接、12 mm 板4層目溶接（4層仕上げ溶接）、12 mm 板3層目溶接（3層仕上げ溶接）と比較すると、いずれよりも広がった。運棒速度を見ると、右から左へ運棒するとき、最初同じ箇所を数回なぞる動きが見られた。止端部とそれ以外の箇所における運棒速度の差はなかった（図6 - 43）。

(ii) トーチ移動軌跡

19 mm 板立て向き姿勢4層目溶接のトーチ移動軌跡を見ると、横長の楕円形を重ねた図形であった。また振り幅が均等であった（図6 - 44）。なお、9 mm 板3層目溶接や12 mm 板3層目溶接（3層仕上げ）に比べ、さらにピッチ幅が狭かった。



図6 - 43 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢4層目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、下から上へである。

図6 - 44 高度熟練技能者の19 mm 板立て向き姿勢4層目溶接のトーチ移動軌跡

(ハ) 溶接作業結果

19 mm 板立て向き姿勢溶接の溶接作業結果を見ると、まず3層目までの溶接結果を見ると、2層目溶接と3層目溶接のビードは、12 mm 板溶接の中間層溶接のビードと同様、2つのパスが左右交互にずれながら重なった形状となっている(図6 - 45)。最終溶接結果を見ると、3層目溶接のみならず、4層目溶接のビードも、2つのビードが左右交互にずれて重なった形状となっている(図6 - 46)。



図6 - 45 高度熟練技能者の19 mm 立て向き姿勢溶接の3層目までの溶接結果



図6 - 46 高度熟練技能者の19 mm 立て向き姿勢溶接の最終溶接結果

事後ヒアリング調査結果

(a) 全般

教科書では75°位の角度で上向きにトーチ角度を保つことが記述されている。しかし実際には、90°から下向き加減のトーチ角度でもっていき方が、ガスシールドの面から、今までの経験上いいので、トーチはやや下向きに構えた。

2層目以降の溶接では、目は斜め上から覗き、心線、溶融池、余盛りのでき具合に注意した。

(b) 9 mm 板溶接

(イ) 1層目溶接のポイント

適正な電流電圧値の下、下向き加減のトーチ角度を維持しながら、「緊張したとき手が震えるような感じ」で、そのまま上に上げると、良好な裏波ビードができる。

(ロ) 2層目溶接のポイント

2層目溶接では、最終層が良好に盛るようするため、平らよりも真中をへこませ、両端を0.5 mm程度残したビードの盛り方を行った。こうすることで余盛りも厚くなくなる。

運棒は、逆V字を描くように行い、1層目ビードの際を溶かし、母材の開先に持っていくという運棒とした。

(ハ) 3層目溶接のポイント

ビード波形と両端を揃えること、波形を一定にすること、ビードの高さを一定にすることにポイントをおき、楕円形を描くように運棒した。

(c) 12 mm 板溶接、19 mm 板溶接のポイント

板厚が厚くなると溶融金属量が多くなるため、逆ひずみをとること、できるだけ平らに盛ることに注意した。

19 mm 板溶接では、三角ビードの方法で盛るようにした。ビードの両止端部での融合不良がないように、必ず心線に向けた。

(d) 運棒の違いによる影響

2層仕上げのとき、外観を重視して初層を厚く盛るのか、裏波を重視して2層目を厚く盛るのか2つの考え方があるが、前者の考え方に立ち、初層を厚く盛り、入熱量を加えすぎて両止端部でアンダーカットにならないように、できるだけ2

層目は薄めにした。

3層仕上げでは2層目は逆V字を描いて運棒した。2層仕上げでは三角ビードで中を溶かしながら外観を整えていく運棒を行った。

3層仕上げの3層目は、2層目の溶融金属が厚く盛られているので、余盛りが高くならないように速度を速め、どちらかというところ楕円形の運棒を行った。2層仕上げの2層目は、かなりの量のビードを盛らなければならないため、三角形の運棒で中を溶かして余盛りビードを作る運棒を行った。速度的にはゆっくりの運棒であった。

(e) **管の立て向き姿勢への応用にあたっての留意事項**

管はトーチ角度が変わるので、できるだけ90°を維持するように努力することが必要である。このため、板の立て向き姿勢溶接でも、できるだけ同じ角度で下から上へ持ち上げていくことを練習すべきである。

(f) **その他**

自己流でやらず、まわりの人がやっていることを確認して、それから自分でやってみる。もしやり方が自分に合わなければ、他の人の真似をする。いいところだけを盗んでいき、プラスアルファで自分の考えを加えていけば絶対に上達する。

本来練習を重ねていくことが必要だが、最近企業は不景気なのでその余裕はなく、テストピースをある程度やった後、実践に移るしかない。余裕時間を見つけたとき、テストピースを使って溶接をやっていけば上達する。

確認ヒアリング調査結果

(a) 9 mm 板溶接

イ) 2 層目溶接

2 層目溶接では、もっと極端にルート方向に鋭角に入る運棒を行うつもりであった。また同層の溶接では、両止端が異材となっており、溶けにくくなっているため、止端部止めは確かに意識して行った。

ロ) 3 層目溶接

2 層目溶接では、もっと極端にルート方向に鋭角に入る運棒を行うつもりであった。振り幅は開先幅以上になるため、運棒速度は遅くした。

(b) 9 mm 板溶接 (2 層仕上げ)

2 層仕上げ溶接では 2 層目を厚めに盛るため、中も十分溶かす運棒とした。

(c) 12 mm 板溶接

イ) 2 層目溶接

12 mm 板 2 層目溶接の運棒方法は 9 mm 板 2 層目溶接と同じであるが、板厚が厚くなる分 9 mm 板溶接よりも動きを大きくした。

また、母材ノズル間距離はルート方向へ運棒したとき、少し短くするようにしたつもりだったが、無理な姿勢で作業していたため、長いままとなった。

ロ) 3 層目溶接

12 mm 板 3 層目溶接では、板厚が厚くなる分振り幅が大きくなるため、運棒速度は 9 mm 板溶接より遅くした。板厚が薄くなると余盛り高さが高くなりやすいので、運棒速度を速くすることを心掛けている。

(d) 19 mm 板溶接

イ) 3 層目溶接

19 mm 板 3 層目溶接では、ルート方向に対しては逆 U 字を描く運棒を行ったが、進行方向に対しては真横の運棒を行った。

ロ) 4 層目溶接

当初左から右へ運棒するとき、同じ箇所を 2 度なぞる動きがあったが、これは最終ビードの高さを少し高めにするため、厚みを持たせるために行った。普通にやったらビードが低くなったので、何回かなぞることでビードを高くした。

止端止めの運棒がなかったのは、開先のかどがあまり残っていなかったためである。もし残っていたら、止端部でゆっくりと運棒した。

また、19 mm 板 4 層目溶接の運棒速度は、9 mm 板 3 層目溶接、12 mm 板 3 層目溶接よりも遅くした。ただし、ピッチ幅は 9 mm 板溶接よりは細かくした。というのは、開先の幅が広いのでピッチ幅を広くすると、先端が冷えるため融合不良が生じやすいからである。