

(2) 一般技能者

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) 作業ポイント

横向き姿勢溶接で溶融金属が下に垂れやすいので、9 mm 板と12 mm 板については、低い電流値（110～120 A）で作業することを考える。19 mm 板では、1層目は低い電流値（110～120 A）で作業するが、板厚が厚くなり厚めにビードを盛ることになるため、2層目以降は140 A 程度の電流値で作業する。

横向き姿勢溶接では、パス数が多くなるため、なるべく平らに中間層を仕上げることを考える。

パス数は、9 mm 板では3層6パス（1層目2パス、2層目2パス、3層目3パス）を考える。12 mm 板、19 mm 板のパス数は、開先内面積が増えるため、その増加分を埋めるパス数を、この9 mm 板のパス数の基準値に加えるという考え方で決定する。12 mm 板も19 mm 板も経験がないが、おそらく12 mm 板は3層7～8パス（1層目1パス、2層目2パス、3層目1～2パス）、19 mm 板は5層15パス（1層目1パス、2層目2パス、3層目3パス、4層目4パス、5層目5パス）になるだろう。

(b) 作業で気をつけるべきポイント

(イ) 全般

横向き姿勢溶接では溶融金属が下に垂れ下がりやすいので、上下対象のビードはおきにくいということを意識しながら、対処する。

また、溶け込みを確実に得られるようにするため、溶融池の先端部分でアークを発生させる。

(ロ) 身体の姿勢

前進法溶接、後退法溶接ともに、溶融池全体が見えるように、ノズルが邪魔にならないような位置に立つ。

「手ブレ」が多くなるため、手が震えないように、腕を身体にくっつける姿勢で行う。具体的には、前進法溶接、後退法溶接ともに、左肘を身体に付けて、トーチも左手で添えるような形の姿勢をとる（図6 - 207）。

(ハ) トーチの角度

トーチは溶接層に対して直角気味に構える。開先に対しては、上の部分を狙ってアークを発生する（図6 - 208）。

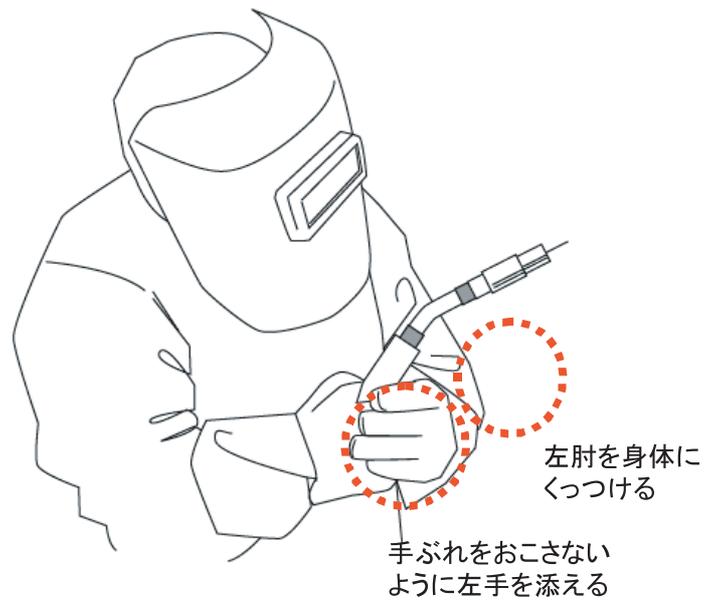


図6 - 207 一般技能者が考える理想的なトーチの構え方

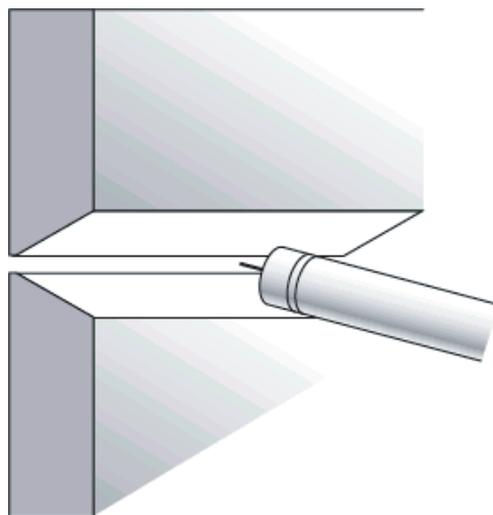


図6 - 208 一般技能者が考える理想的なトーチ角度

(二) 運棒操作方法

9 mm 板のように細いビードを盛るときは、ストリンガービードで、溶接線に沿ってまっすぐに運棒する。また、12 mm 以上の板のように太いビードを盛るときはウィーピングビードにする。

なお、ウィーピングのときは、溶融金属の垂れ下がりがあるため、上で運棒する時間を長くし、下で運棒する時間を短くする（図 6 - 209）。

(ホ) 溶融池の状況

溶融池の先端部分で、アークを発生させるとともに、溶融池の末端部分が凸にならないようにする。凸になると、特に中間層の場合、溶け残しが生じ、溶接欠陥の原因になる懸念がある（図 6 - 210）。

(ヘ) ビードの盛り幅

最終直前層のビードの盛り幅は、上の開先がわずかに残り、下の開先が 2 mm 弱残るような大きさとする。また、最終層の余盛りは極力低くする。

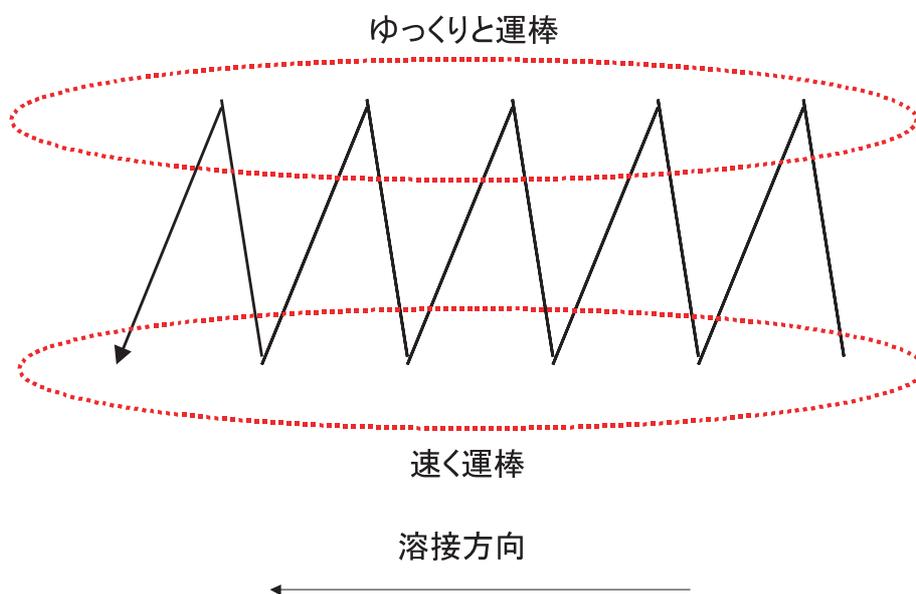
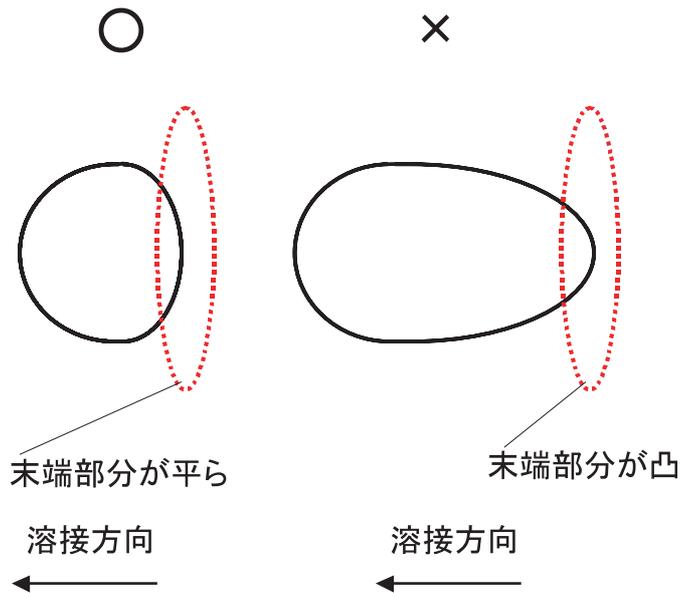


図 6 - 209 一般技能者が考える横向き溶接における運棒操作方法

適正な溶融池の形状とそうでない溶融池の形状



凸の溶融池が好ましくない理由

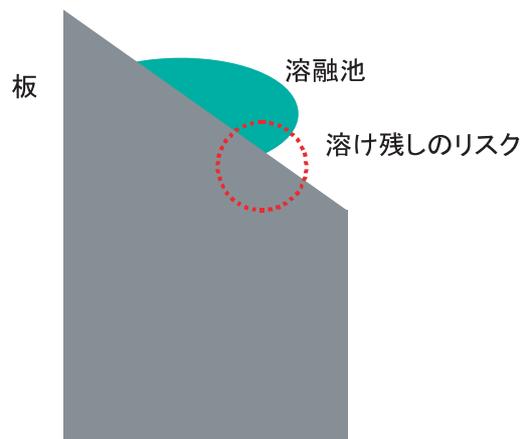


図6 - 210 一般技能者が考える溶融池の適正な状態

(ト) 前進法溶接と後退法溶接の選択

通常1層目溶接は、前進法溶接を選択する。これは、前進法溶接の方が、裏波が出ているかどうかを判断するのに必要な溶融池の状態を確認しやすいためである。

また、2層目以降も、溶融池の状態が見やすい前進法溶接の方がビードを平らにしやすいため、前進法溶接を選択している。

なお、たくさん盛りたいときは、後退法溶接を選択する。後退法溶接で運棒するとき、溶融池が凸になりやすく、溶融金属が垂れやすい。このため、ウィーピングを広めにするすることで、これに対応している。

(c) **初層の溶接のポイント及びその確認方法**

初層では、裏波を出しながら溶接することがポイントである。このとき、溶融池の先端がわずかに欠けている状態かどうかにより、裏波の状況を判断している。

(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、平らにビードを盛ることがポイントである。中間層溶接で溶接が適切に行われているかどうかは、溶融池が凸にならないようにすることで判断している。

(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、最終層まで開先を(b)のとおり残すことがポイントである。

(f) **最終層の溶接ポイントとその確認方法**

なだらかなビード仕上げにするため、前パスの一番高いところに次パスのビードを重ねるように盛ることが重要である（図6 - 211）。また、余盛りの高さも極力低くする。

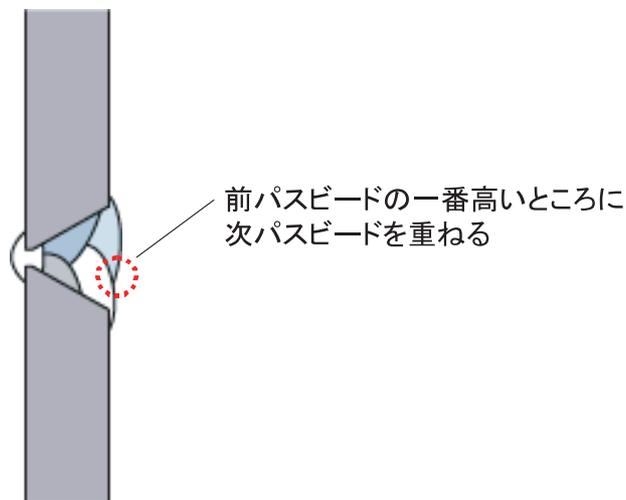


図6 - 211 一般技能者が考える最終層におけるビードの盛り方

(g) **前進法溶接と後退法溶接の作業ポイントの相違**

後退法溶接で運棒するとき、溶融池が凸になりやすく、溶融金属が垂れやすい。このため、ウィーピングを広めにすることで、これに対応している。

(h) 板厚の相違による作業ポイントの違い

9 mm 板と12 mm 板では層数が同じため、ポイントの差はない。しかし、9 mm 板（12 mm 板）に比べ19 mm 板では中間層数が増えるため、ビードがまっすぐになりやすく、最終層が凸になりやすい。

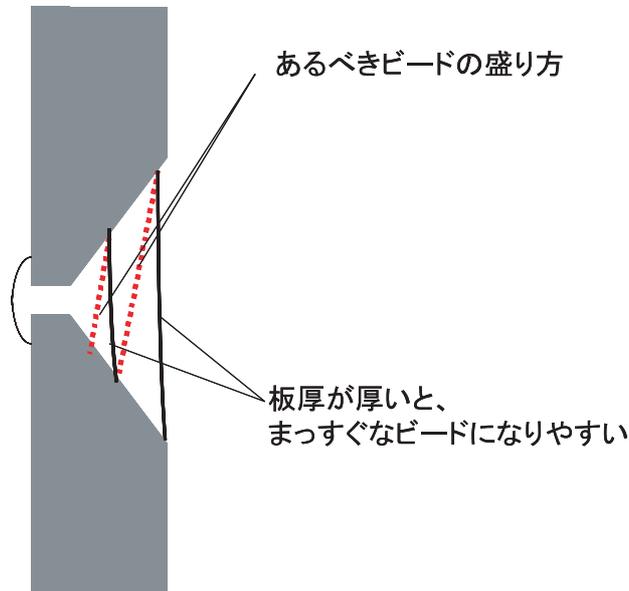


図6 - 212 一般技能者が考える19 mm 板溶接でおきやすい問題点

(i) 管の横向き姿勢溶接のポイント

身体の動かし方が違うだけで、溶接ポイントは板の溶接と変わらない。

(j) 撮影のポイント

撮影ポイントは、止端部での運棒操作方法と溶融池の状況である。身体の姿勢については個人差があるので、一概に言えない。

また、横向き姿勢溶接における前進法溶接と後退法溶接の比較では、オーバーラップを避けるための運棒方法が撮影ポイントとなるだろう。

さらに、マクロ試験のポイントは、横向き姿勢溶接では、下の板の開先部分の溶け残しの有無であろう。

(k) 加工経験

溶接業務の経験は7年である。授業の中で、9 mm 板中心に横向き姿勢溶接と立て向き姿勢溶接を実施した。

溶接業務への関与状況は、9 mm 板の溶接についてはほぼ毎日行っている。

なお、溶接に関わる資格は持っていない。

実作業

(a) 撮影記録

一般技能者の横向き姿勢溶接作業は、表6 - 213の手順で行われた。いずれも電流値及び電圧値は計器上120 A 前後、20 V 前後で設定されたが、アークの長さやトーチ角度などが変動したため、これらの値も変動した。

作業の順番は、高度熟練技能者と同様、なるべく撮影セットの変更を最小限にするような順番とし、前進法溶接、後退法溶接、それぞれまとめて作業した。

なお、高度熟練技能者と同様、9 mm 板以外の1層目溶接は、撮影を効率的に実施するため、割愛した。また、19 mm 板溶接では、12 mm 板溶接とポイントが重なるため、ビデオ教材用の撮影を除き、原則として3層目まで溶接を行い、4層目以降の溶接作業は割愛した。

表6 - 213 一般技能者の横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 板の横向き姿勢溶接 前進法 1層目溶接 | 11:15:29 | 11:16:06 | 0:00:37 |
| 2 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 2層目1パス目溶接 | 11:16:29 | 11:17:11 | 0:00:42 |
| 3 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 2層目2パス目溶接 | 11:17:34 | 11:18:08 | 0:00:34 |
| 4 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目1パス目溶接 | 11:18:26 | 11:19:25 | 0:00:59 |
| 5 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目2パス目溶接 | 11:19:44 | 11:20:18 | 0:00:34 |
| 6 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目3パス目溶接 | 11:20:38 | 11:21:06 | 0:00:28 |
| 7 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 2層目1パス目溶接 | 12:17:14 | 12:18:36 | 0:01:22 |
| 8 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 2層目2パス目溶接 | 12:20:38 | 12:21:36 | 0:00:58 |
| 9 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目1パス目溶接 | 12:30:54 | 12:31:58 | 0:01:04 |
| 10 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目2パス目溶接 | 12:33:39 | 12:34:20 | 0:00:41 |
| 11 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目3パス目溶接 | 12:35:34 | 12:36:10 | 0:00:36 |
| 12 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 2層目1パス目溶接 | 13:28:01 | 13:28:52 | 0:00:51 |
| 13 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 2層目2パス目溶接 | 13:31:17 | 13:32:18 | 0:01:01 |
| 14 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目1パス目溶接 | 13:35:17 | 13:36:05 | 0:00:48 |
| 15 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3層目2パス目溶接 | 13:37:41 | 13:38:24 | 0:00:43 |

| | 作業内容 | 開始時刻 | 終了時刻 | 所要時間 |
|----|-------------------------------------|----------|----------|---------|
| 16 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 3 層目 3 パス目溶接 | 13:40:28 | 13:40:51 | 0:00:23 |
| 17 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 1 層目溶接 | 13:55:34 | 13:56:35 | 0:01:01 |
| 18 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 2 層目 1 パス目溶接 | 13:59:44 | 14:00:33 | 0:00:49 |
| 19 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 2 層目 2 パス目溶接 | 14:02:07 | 14:02:35 | 0:00:28 |
| 20 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 1 パス目溶接 | 14:05:14 | 14:06:14 | 0:01:00 |
| 21 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 2 パス目溶接 | 14:08:58 | 14:09:27 | 0:00:29 |
| 22 | 9 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 3 パス目溶接 | 14:10:30 | 14:10:57 | 0:00:27 |
| 23 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 2 層目 1 パス目溶接 | 14:14:06 | 14:15:28 | 0:01:22 |
| 24 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 2 層目 2 パス目溶接 | 14:17:37 | 14:18:15 | 0:00:38 |
| 25 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 1 パス目溶接 | 14:33:13 | 14:34:20 | 0:01:07 |
| 26 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 2 パス目溶接 | 14:35:42 | 14:36:18 | 0:00:36 |
| 27 | 12 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 3 パス目溶接 | 14:37:32 | 14:37:57 | 0:00:25 |
| 28 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 2 層目 1 パス目溶接 | 14:43:40 | 14:44:54 | 0:01:14 |
| 29 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 2 層目 2 パス目溶接 | 14:46:29 | 14:47:26 | 0:00:57 |
| 30 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 1 パス目溶接 | 14:49:17 | 14:50:12 | 0:00:55 |
| 31 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 2 パス目溶接 | 14:51:54 | 14:52:31 | 0:00:37 |
| 32 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 後退法 3 層目 3 パス目溶接 | 14:53:45 | 14:54:16 | 0:00:31 |
| 33 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 5 層目 1 パス目溶接 | 15:48:36 | 15:49:18 | 0:00:42 |
| 34 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 5 層目 2 パス目溶接 | 15:51:04 | 15:51:44 | 0:00:40 |
| 35 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 5 層目 3 パス目溶接 | 15:52:51 | 15:53:23 | 0:00:32 |
| 36 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 5 層目 4 パス目溶接 | 15:56:35 | 15:56:57 | 0:00:22 |
| 37 | 19 mm 板の横向き姿勢溶接 前進法 5 層目 5 パス目溶接 | 15:58:11 | 15:58:39 | 0:00:28 |

（注）

- 1．開始時刻、終了時刻は、カメラのタイムレコードによる。
- 2．19 mm 板の横向き姿勢溶接のうち、前進法 5 層目溶接はビデオ教材用の撮影である。

(b) **溶接準備**

一般技能者は、高度熟練技能者と同様、溶接作業を開始する前、アーク調整用の金属片の上でアークを発生させ、電流値の調整を行った。これは、ほとんどの溶接作業を行う前に実施された。

(c) **9 mm 板の横向き姿勢溶接**

(イ) **前進法溶接全般**

(i) **溶接姿勢**

一般技能者の 9 mm 板の横向き姿勢前進法溶接は、次のような溶接姿勢で行われた¹⁵。

(01) **身体の姿勢**

身体は溶接作業が進むにつれて、左から右へ傾いていった。その際左の肘を身体に付けていた(図6 - 214)。

(02) **視線のおき方**

高度熟練技能者と同様、一般技能者はトーチの上より高い位置に目の位置をおき、トーチより上の部分から溶接箇所を見るような視線のおき方をした。

(03) **トーチの持ち方**

一般技能者は、トーチを両手で持ち、左手をトーチの下に添えて作業した。

(ii) **トーチ角度**

一般技能者は、トーチをやや上向きに構えながら作業した。

(iii) **溶融池の状況**

一般技能者の溶融池は各層とも、進行方向側の先端が三日月状に欠けた形状となっていた(図6 - 215)¹⁶。

¹⁵ なお、これらの一般技能者の溶接姿勢を見るとき、高度熟練技能者と同様、撮影機材の存在の影響があることや、撮影しやすいよう無理な姿勢を強いられる場合があったこと、溶接技能解析システムを装着した特殊な環境の下での作業であったこと、などに注意する必要がある。

¹⁶ この点は、後退法溶接や他の板厚も同様であった。このため、他の溶接の記述では、溶融池に関する記述を割愛する。



図6 - 214 一般技能者の9mm 板前進法溶接における溶接姿勢



（注）9mm 板前進法1層目溶接

図6 - 215 一般技能者の9mm 板前進法溶接における溶融池の形状

(ロ) 前進法 1 層目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板前進法 1 層目溶接では、一般技能者はジグザグ型の運棒を行っていた¹⁷ (図 6 - 216)。

(ii) トーチ移動軌跡

一般技能者の 9 mm 板前進法 1 層目溶接のトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形となった (図 6 - 217)。



図 6 - 216 一般技能者の 9 mm 板前進法 1 層目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 217 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢前進法 1 層目溶接のトーチ移動軌跡

¹⁷ 映像ではアークの光が強く、はっきりとしたトーチの動きを観察することが難しかった。

（ハ） 前進法 2 層目 1 パス目溶接

（i） 運棒の動き

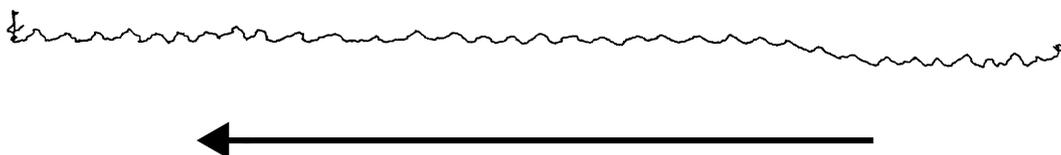
一般技能者の 9 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接における運棒は、高度熟練技能者とは異なり、ジグザグ型の動きとなっていた（図 6 - 218）¹⁸。

（ii） トーチ移動軌跡

9 mm 板 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形となった。この軌跡は、一定のトレンドを描いておらず、溶接方向や母材ノズル間距離が必ずしも安定していなかったことが推察される（図 6 - 219）。



図 6 - 218 一般技能者の 9 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 219 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢前進法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

¹⁸ 2 層目 1 パス目溶接のトーチの動きも、1 層目溶接と同様、アークの光で必ずしも十分観察できなかった。

(二) 前進法 2 層目 2 パス目溶接

(i) 運棒の動き

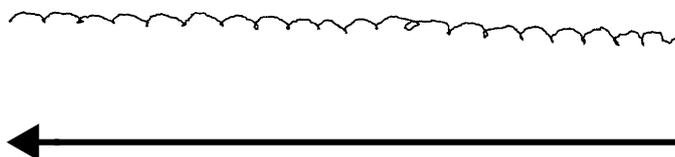
9 mm 板 2 層目 2 パス目の運棒は、ルート方向に上下しながら、小さく楕円形を描くように行われていた (図 6 - 220)。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、概ねジグザグの図形であるが、ところどころ楕円形を描く図形となった (図 6 - 221)。



図 6 - 220 一般技能者の 9 mm 板前進法 2 層目 2 パス目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 221 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢前進法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

ホ 前進法3層目1パス目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板前進法3層目1パス目溶接の運棒は、ジグザグ型の運棒であった（図6 - 222）。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板前進法3層目1パス目溶接のトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形となった。トレンドが安定しておらず、溶接方向や母材ノズル間距離が必ずしも安定していなかったと思われる（図6 - 223）。

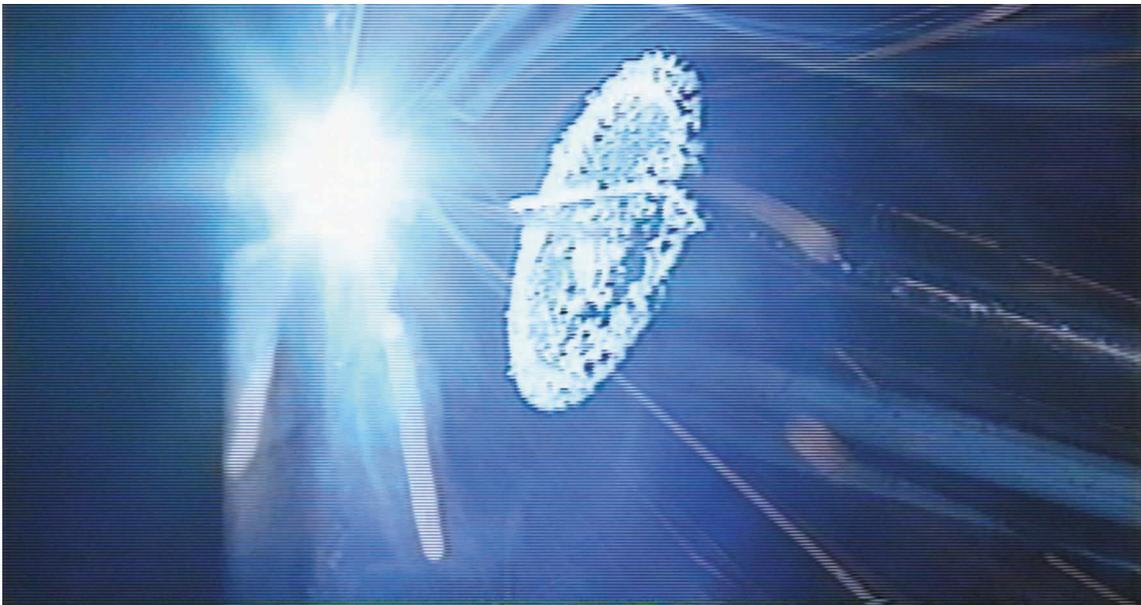
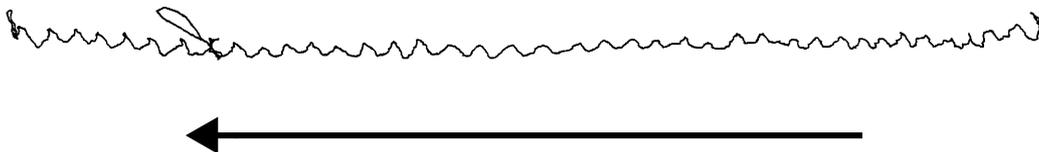


図6 - 222 一般技能者の9 mm 板前進法3層目1パス目溶接におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、右から左へである。

図6 - 223 一般技能者の9 mm 板横向き姿勢前進法3層目1パス目溶接のトーチ移動軌跡

㇆ 前進法 3 層目 2 パス目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板前進法 3 層目 2 パス目溶接における運棒は、上下動を繰り返すジグザグ型の運棒であった。3 層目 1 パス目溶接に比べ、運棒速度は遅かった (図 6 - 224)。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板前進法 3 層目 2 パス目溶接におけるトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形となった (図 6 - 225)。

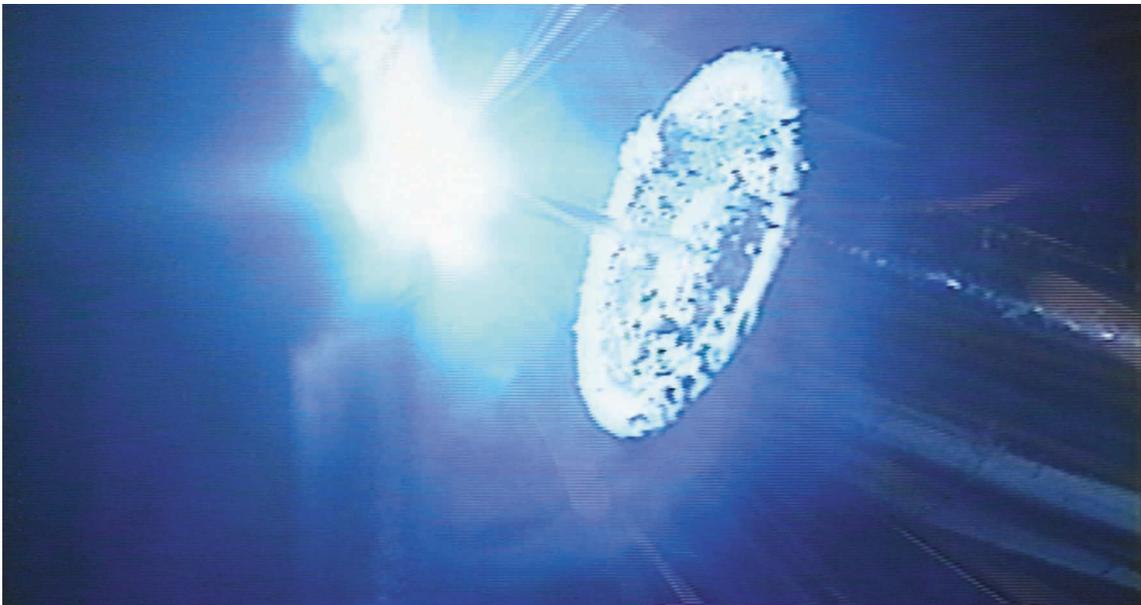
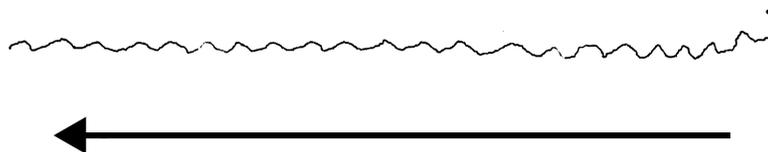


図 6 - 224 一般技能者の 9 mm 板前進法 3 層目 2 パス目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 225 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢前進法 3 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

(ト) 前進法3層目3パス目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板前進法3層目3パス目溶接の運棒は、上下動を繰り返すジグザグ型の運棒であったが、反転する位置が一定ではなかった（図6 - 226）。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板3層目3パス目溶接のトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形となった。トレンドが安定せず、溶接方向や母材ノズル間距離が不安定であったことが示唆される（図6 - 227）。

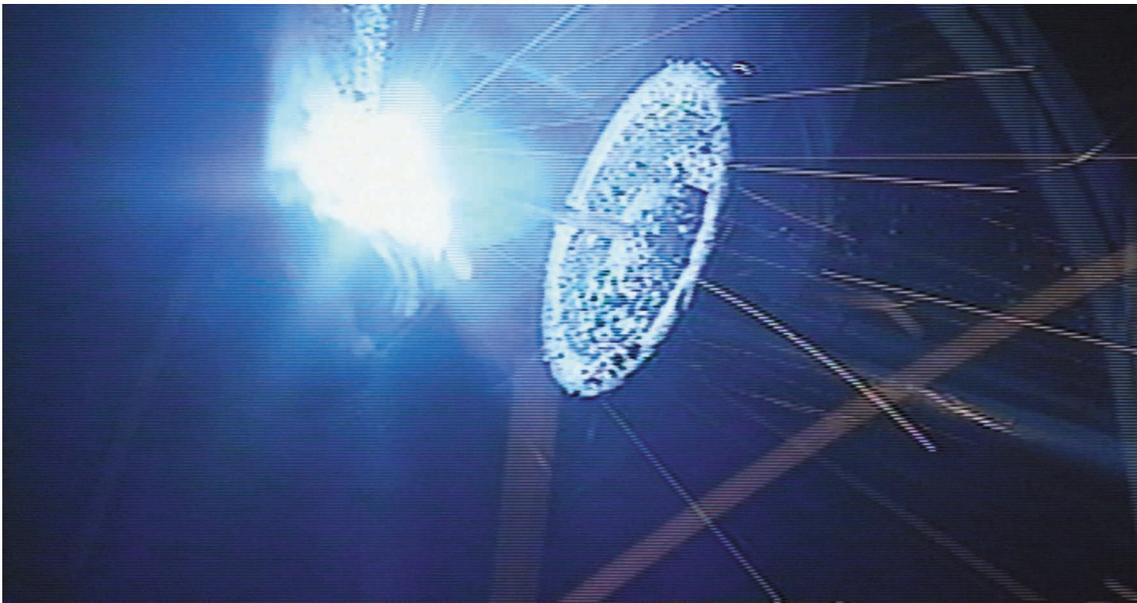
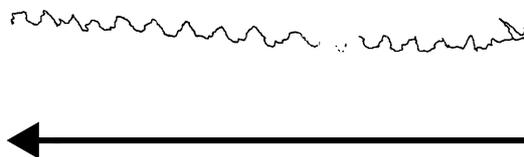


図6 - 226 一般技能者の9 mm 板前進法3層目3パス目溶接におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、右から左へである。

図6 - 227 一般技能者の9 mm 板横向き姿勢前進法3層目3パス目溶接のトーチ移動軌跡

(チ) 後退法溶接全般

一般技能者の9 mm 板横向き姿勢後退法溶接における溶接姿勢は、同板厚の横向き姿勢前進法溶接と差違はほとんどなく、身体は溶接が進むにつれて、左から右へ動いた。しかし左肘は身体に付けず、作業台の上に載せた状態であった。また視線のおき方、トーチの持ち方、トーチ角度も前進法溶接と同じであった(図6 - 228)。



図6 - 228 一般技能者の9 mm 板横向き姿勢後退法溶接における溶接姿勢

（リ） 後退法 1 層目溶接

（i） 運棒の動き

一般技能者の 9 mm 板後退法 1 層目溶接は、ジグザグ型の運棒であったが、速度は前進法溶接よりも遅かった（図 6 - 229）。

（ii） トーチ移動軌跡

一般技能者の 9 mm 板後退法 1 層目溶接のトーチ移動軌跡は、上下動を繰り返すジグザグの図形を描いていた。ピッチ幅は均等でない部分があり、振り幅も必ずしも安定していなかった。同じ板厚の前進法 1 層目溶接と比較すると、振り幅は前進法溶接よりも大きく、軌跡のトレンドは前進法溶接よりも不安定であった（図 6 - 230）。この点は、高度熟練技能者の後退法溶接の振り幅が狭かったことと対照的であった。

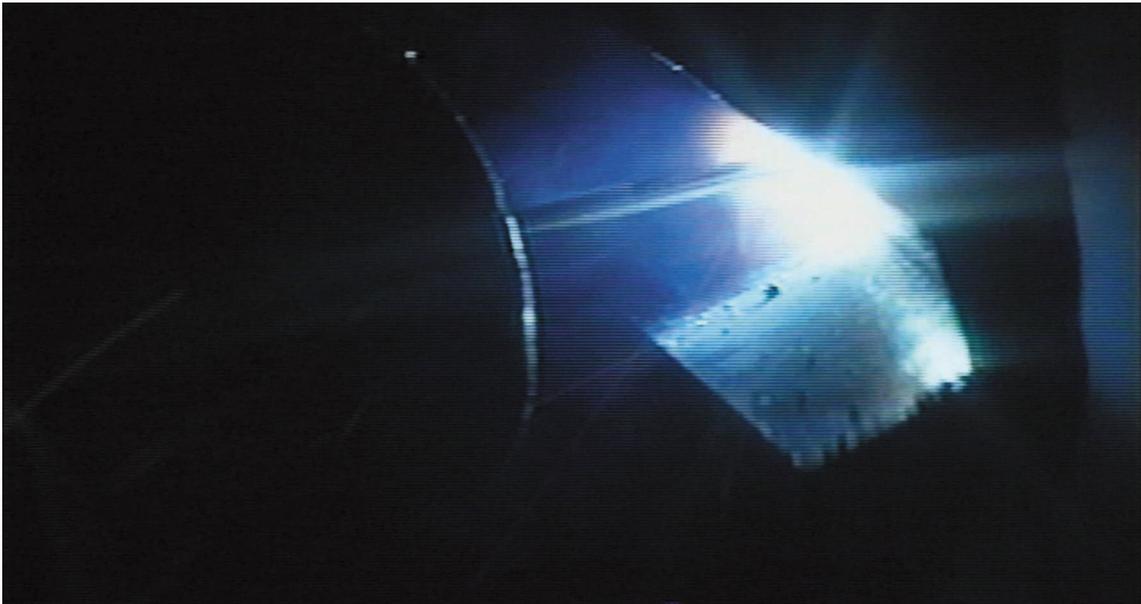
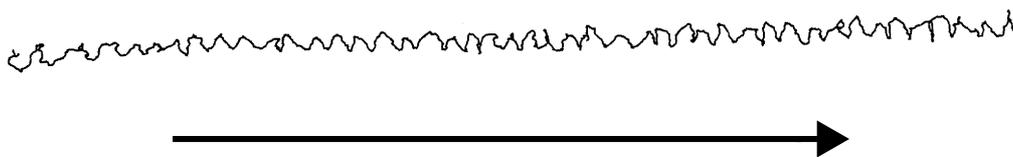


図 6 - 229 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 1 層目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 230 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 1 層目溶接のトーチ移動軌跡

(又) 後退法 2 層目 1 パス目溶接

(i) 運棒の動き

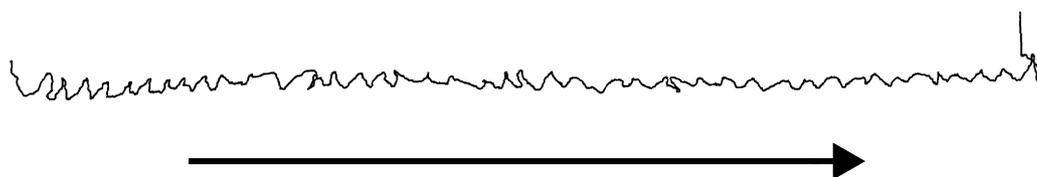
9 mm 板後退法 2 層目 1 パス目溶接の運棒は、ジグザグ型の運棒であった。運棒速度は速かった (図 6 - 231)。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、上下動を繰り返すジグザグの図形となっていた。9 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接と比較すると、前進法溶接では、ピッチ幅が比較的安定していたのに対し、後退法溶接では、ピッチ幅自体にばらつきが見られた (図 6 - 232)。



図 6 - 231 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチの状況



(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 232 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

Ⅷ 後退法 2 層目 2 パス目溶接

(i) 運棒の動き

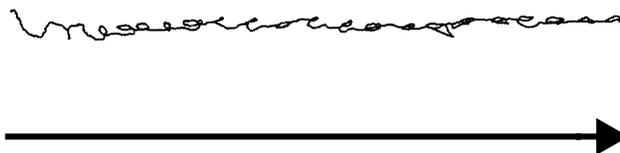
9 mm 板後退法 2 層目 2 パス目溶接の運棒は、ルート方向に上下動しながら楕円形を描くことを意識した運棒であった。これは、9 mm 板の前進法 2 層目 2 パス目溶接よりも楕円形を描こうとする動きが見られた。ただし、運棒速度は速かった（図 6 - 233）。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、小さい楕円形を描く曲線であったが、トレンドや振り幅はやや不安定な部分も見られた（図 6 - 234）。



図 6 - 233 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 234 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

㉟ 後退法 3 層目 1 パス目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板後退法 3 層目 1 パス目溶接の運棒は、上下動を繰り返すジグザグ型の運棒であった。進行方向とは逆の方向にわずかに戻そうという動きが見られた。運棒速度は速く、ジグザグの大きさも小さめであった（図 6 - 235）。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、上下動を繰り返すジグザグの図形で、9 mm 板前進法 3 層目 1 パス目溶接に比べると、トレンドや振り幅、ピッチ幅などが不安定な部分が見られた（図 6 - 236）。

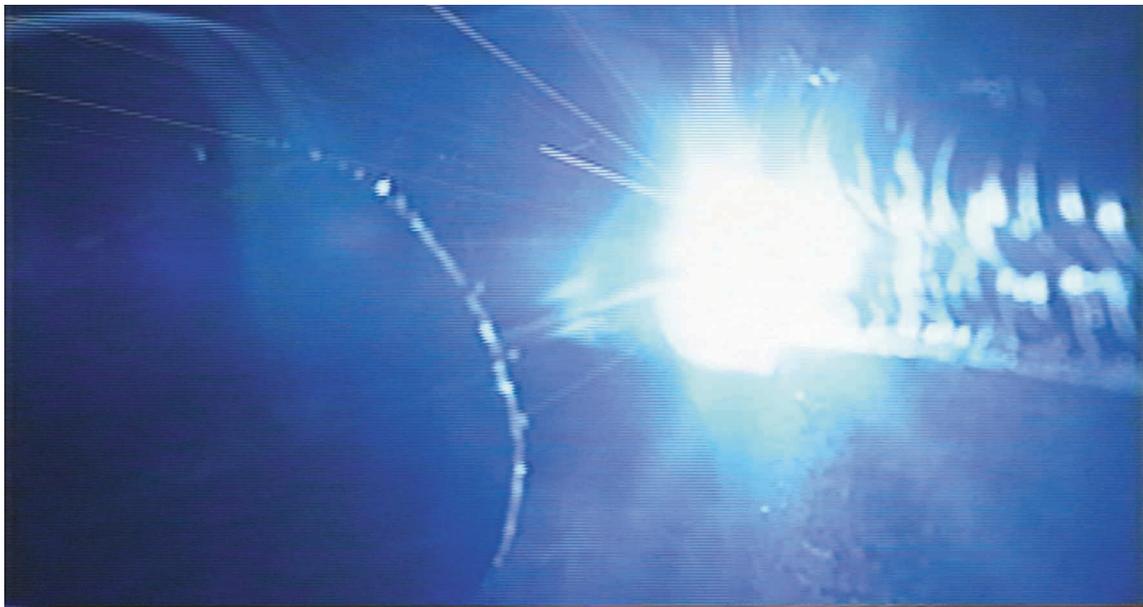
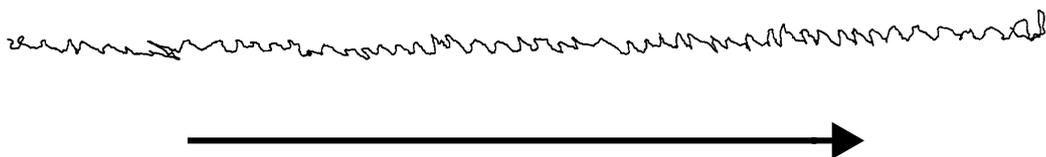


図 6 - 235 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 236 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

㉔ 後退法3層目2パス目溶接

(i) 運棒の動き

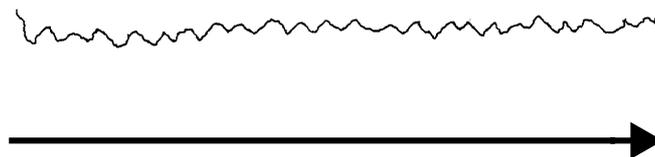
9 mm 板後退法3層目2パス目溶接の運棒は、1パス目溶接や9 mm 板前進法3層目2パス目溶接と同様、小さく上下動を繰り返すジグザグ型の運棒で、運棒速度の速い動きであった（図6 - 237）。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板後退法3層目2パス目溶接のトーチ移動軌跡は、ゆるやかなジグザグを描く曲線となった。なお、同じ板厚の前進法3層目2パス目溶接と比較すると、概ね同じ振り幅であった（図6 - 238）。



図6 - 237 一般技能者の9 mm 板横向き姿勢後退法3層目2パス目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図6 - 238 一般技能者の9 mm 板横向き姿勢後退法3層目2パス目溶接のトーチ移動軌跡

(カ) 後退法 3 層目 3 パス目溶接

(i) 運棒の動き

9 mm 板後退法 3 層目 3 パス目溶接の運棒は、ジグザグ型の運棒で、運棒速度も速かった (図 6 - 239)。

(ii) トーチ移動軌跡

9 mm 板後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡は上下動を繰り返すジグザグの図形であった。振り幅は、9 mm 板前進法 3 層目 3 パス目溶接と同程度であった (図 6 - 240)。

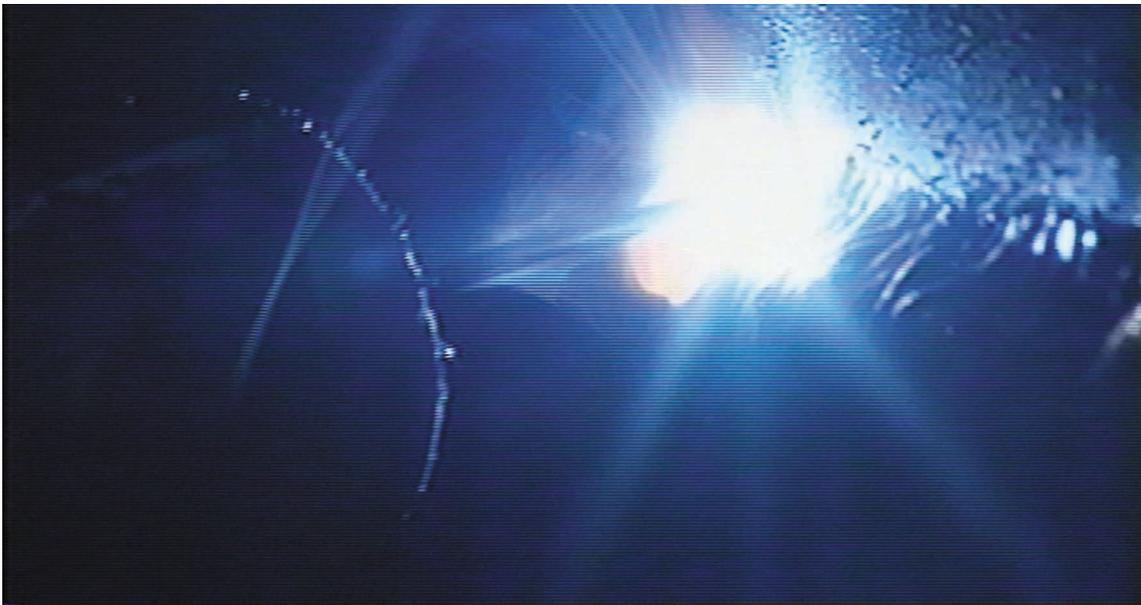
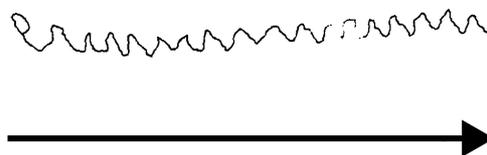


図 6 - 239 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチの状況



(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 240 一般技能者の 9 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡

㉓ 溶接作業結果

(i) 前進法溶接

一般技能者の9mm板前進法溶接の2層目までの溶接作業結果を見ると、ビードがまっすぐに盛られている（図6 - 241）。最終溶接結果では、3層目の各パスのビードの幅が均等になっている（図6 - 242）。



図6 - 241 一般技能者の9mm板の前進法溶接の2層目までの溶接結果



図6 - 242 一般技能者の9mm板の前進法溶接の最終溶接結果

(ii) 後退法溶接

一般技能者の9mm板の後退法溶接の2層目までの溶接結果は、2層目溶接のビードが多く盛られ、2層目2パス目溶接のビードの一部は、開先を覆うまで盛られている(図6-243)。また、3層目まで盛られた最終溶接結果では、3層目溶接のビードが蛇行し、余盛り高さも高くなっている(図6-244)。



図6-243 一般技能者の9mm板の後退法溶接の2層目までの溶接結果



図6-244 一般技能者の9mm板の後退法溶接の最終溶接結果

(d) 12 mm 板の横向き姿勢溶接

(イ) 前進法全般

12 mm 板の横向き姿勢前進法溶接における溶接姿勢は、9 mm 板の横向き姿勢前進法溶接同様、身体が右から左へ動き、左肘を身体に付けるという姿勢となっていた。視線のおき方、トーチの持ち方、トーチ角度も同じである（図6 - 245）。



図6 - 245 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢前進法溶接における溶接姿勢

(ロ) 前進法 2 層目 1 パス目溶接

(i) 運棒の動き

12 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接の運棒は、ジグザグ型の運棒で、9 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接の運棒と同じパターンであった。運棒速度は 9 mm 板溶接よりも遅かった。また、ときどき火花が散る場面も見られた (図 6 - 246)。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡を見ると、上下動を繰り返すジグザグの図形となった。振り幅は、9 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接より広がった。またトレンドは概ね安定していたが、ピッチ幅や振り幅が不安定な部分があった (図 6 - 247)。

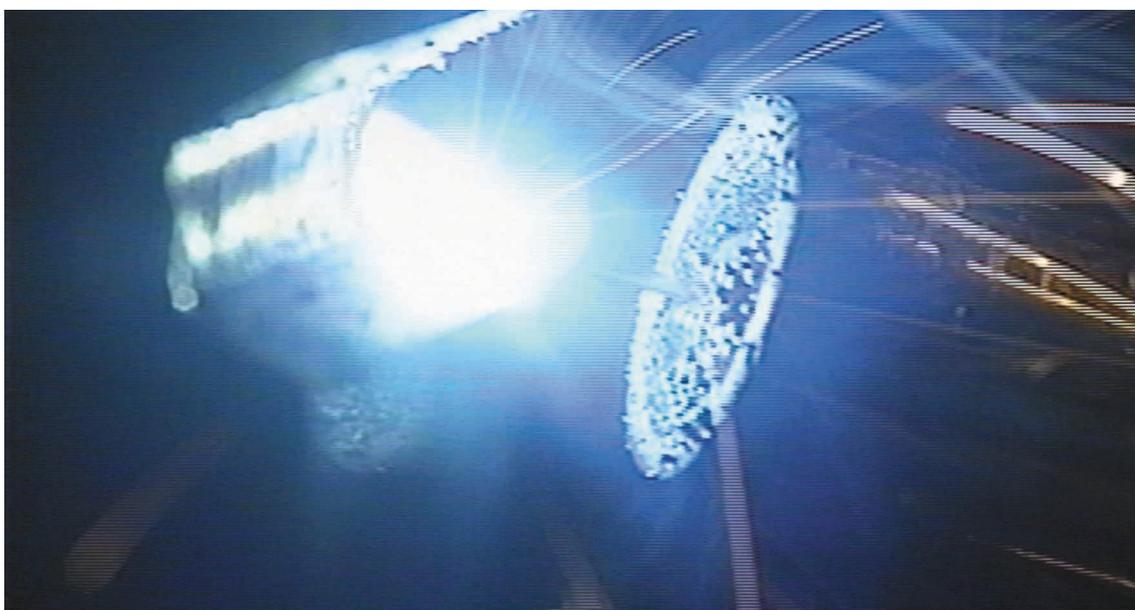
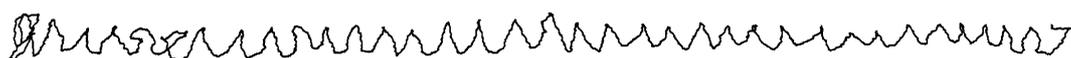


図 6 - 246 一般技能者の12 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 247 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢前進法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

Ⅷ 前進法 2 層目 2 パス目溶接

(i) 運棒の動き

12 mm 板前進法 2 層目 2 パス目溶接の運棒は、デルタを描く運棒で、1 パス目溶接よりもゆっくりと運棒されていた。また、方向転換する位置が必ずしも安定していなかった（図 6 - 248）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板前進法 2 層目 2 パス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。振り幅は、9 mm 板前進法 2 層目 2 パス目溶接はもとより、12 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接よりも広がっていた（図 6 - 249）。

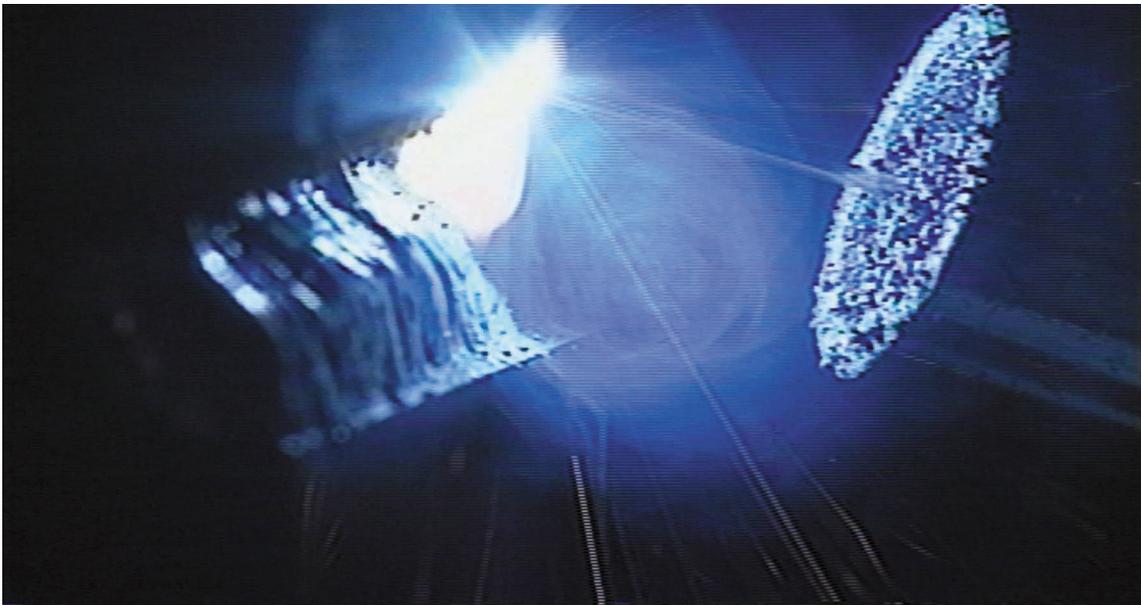
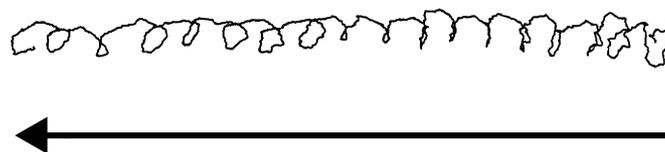


図 6 - 248 一般技能者の12 mm 板前進法 2 層目 2 パス目溶接におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 249 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢前進法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

(二) 前進法 3 層目 1 パス目溶接

(i) 運棒の動き

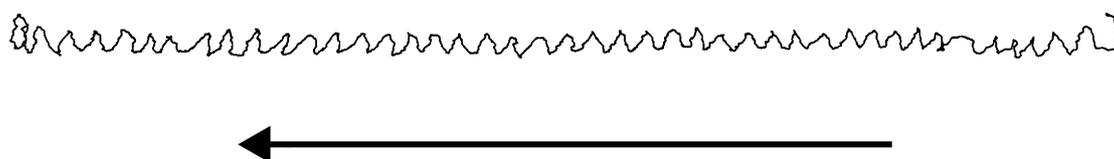
12 mm 板前進法 3 層目 1 パス目溶接の運棒は、上下動を繰り返すジグザグ型の運棒で、運棒速度は遅かった (図 6 - 250)。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板前進法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、上下動を繰り返すジグザグの図形で、9 mm 板前進法 3 層目 1 パス目溶接の軌跡と類似していた。しかし、振り幅を見ると、12 mm 板溶接の方が 9 mm 板溶接よりも広がっていた (図 6 - 251)。



図 6 - 250 一般技能者の12 mm 板前進法 3 層目 1 パス目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 251 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢前進法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

ホ 前進法3層目2パス目溶接

(i) 運棒の動き

12 mm 板前進法3層目2パス目溶接の運棒は、ジグザグ型の運棒で、運棒速度は遅かった（図6 - 252）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板前進法3層目2パス目溶接のトーチ移動軌跡は、上下動を繰り返すジグザグの図形で、特にルート方向の振り幅は、9 mm 板前進法3層目2パス目溶接よりも広いものであった（図6 - 253）。

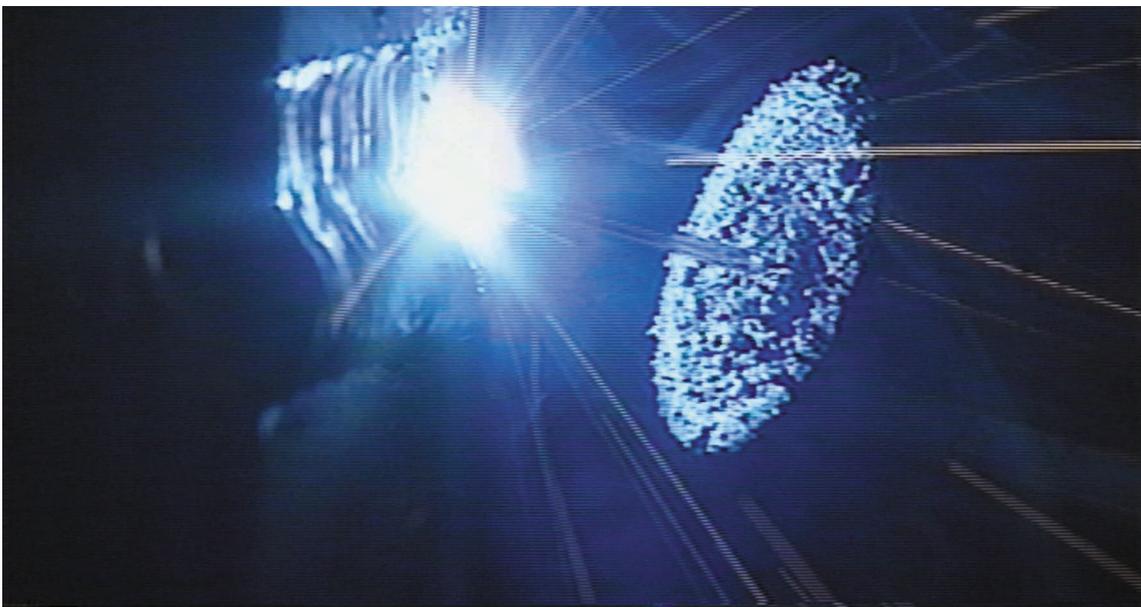
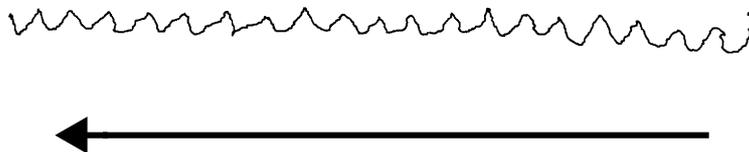


図6 - 252 一般技能者の12 mm 板前進法3層目2パス目溶接におけるトーチの状況



（注）溶接方向は、右から左へである。

図6 - 253 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢前進法3層目2パス目溶接のトーチ移動軌跡

㇆ 前進法 3 層目 3 パス目溶接

(i) 運棒の動き

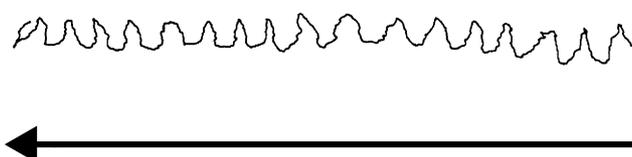
12 mm 板前進法 3 層目 3 パス目溶接の運棒は、2 パス目溶接と同様、ジグザグ型の運棒であった。このパスでは、下の方で運棒速度をゆっくりとする動きが見られた (図 6 - 254)。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板前進法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形であった。9 mm 板前進法 3 層目 3 パス目溶接と比較すると、振り幅が 12 mm 板溶接の方が広がっていた (図 6 - 255)。



図 6 - 254 一般技能者の 12 mm 板前進法 3 層目 3 パス目溶接におけるトーチの状況



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 255 一般技能者の 12 mm 板横向き姿勢前進法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡

(ト) 後退法溶接全般

12 mm 板後退法溶接の溶接姿勢は、概ね12 mm 板前進法溶接と変わらず、左肘を身体に付けず作業台の上においていたことだけが異なっていた。これは9 mm 板後退法溶接でも見られたことである（図6 - 256）。



図6 - 256 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法溶接における溶接姿勢

(チ) 後退法 2 層目 1 パス目溶接

(i) 運棒の動き

12 mm 板後退法 2 層目 1 パス目溶接における運棒の動きを見ると、楕円形を描く運棒であった（図 6 - 257）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡を見ると、左に傾いた楕円形を描く図形となった。この点は、ジグザグの軌跡を描いた 12 mm 板前進法 2 層目 1 パス目溶接とは異なっていた。振り幅は、後退法溶接の方が狭かった（図 6 - 258）。

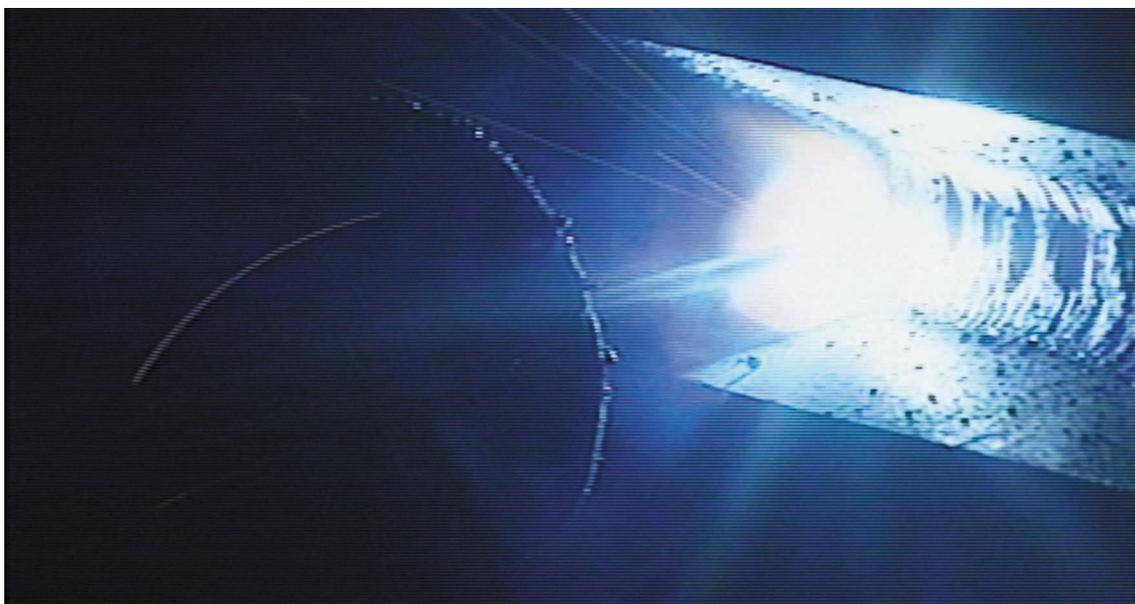
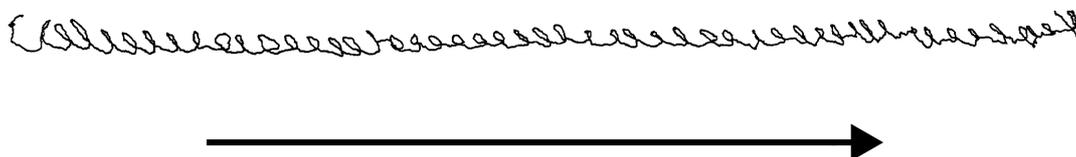


図 6 - 257 一般技能者の 12 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 258 一般技能者の 12 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

（リ） 後退法 2 層目 2 パス目溶接

（i） 運棒の動き

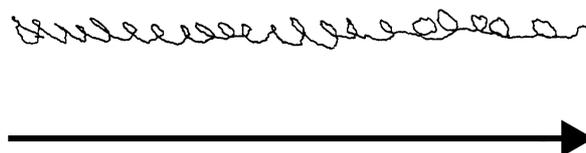
12 mm 板後退法 2 層目 2 パス目溶接の運棒は、楕円形を描く運棒で、1 パス目溶接よりも振り幅が広く、運棒速度も遅くなっていた（図 6 - 259）。

（ii） トーチ移動軌跡

12 mm 板後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、左に傾いた楕円形を描く図形となっていた。また、トレンドや振り幅が不安定であった。なお、同じ板厚の前進法 2 層目 2 パス目溶接に比べると、振り幅は狭くなっていた（図 6 - 260）。



図 6 - 259 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 260 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

(又) 後退法 3 層目 1 パス目溶接

(i) 運棒の動き

12 mm 板後退法 3 層目 1 パス目溶接の運棒を見ると、上下のジグザグ型の運棒が行われ、運棒速度は 2 層目溶接よりも速かった (図 6 - 261)。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、上下動を繰り返すジグザグ型の運棒で、左側に傾いていた (図 6 - 262)。

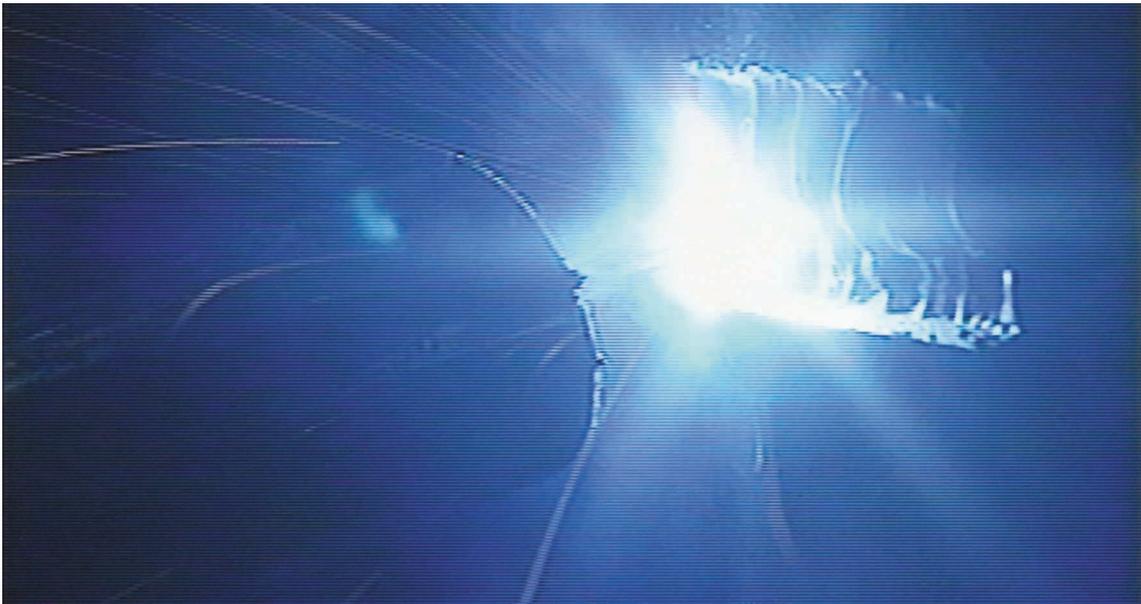
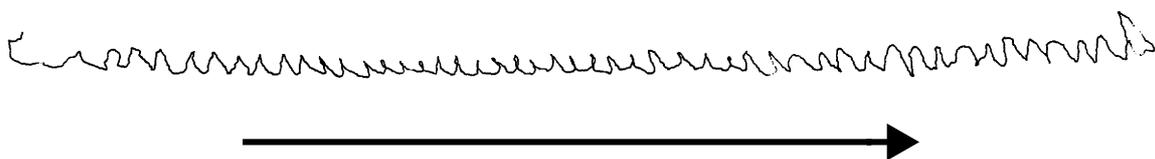


図 6 - 261 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチの状況



(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 262 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡

Ⅷ 後退法3層目2パス目溶接

(i) 運棒の動き

12 mm 板後退法3層目2パス目溶接の運棒は、左上 右下 左上 右下……を繰り返すジグザグ型の運棒であった。運棒速度は下の部分が遅かった（図6 - 263）。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板後退法3層目2パス目溶接のトーチ移動軌跡は、左に傾いたジグザグを描く図形であった。また、12 mm 板前進法3層目2パス目溶接と比較すると、振り幅は狭かった（図6 - 264）。

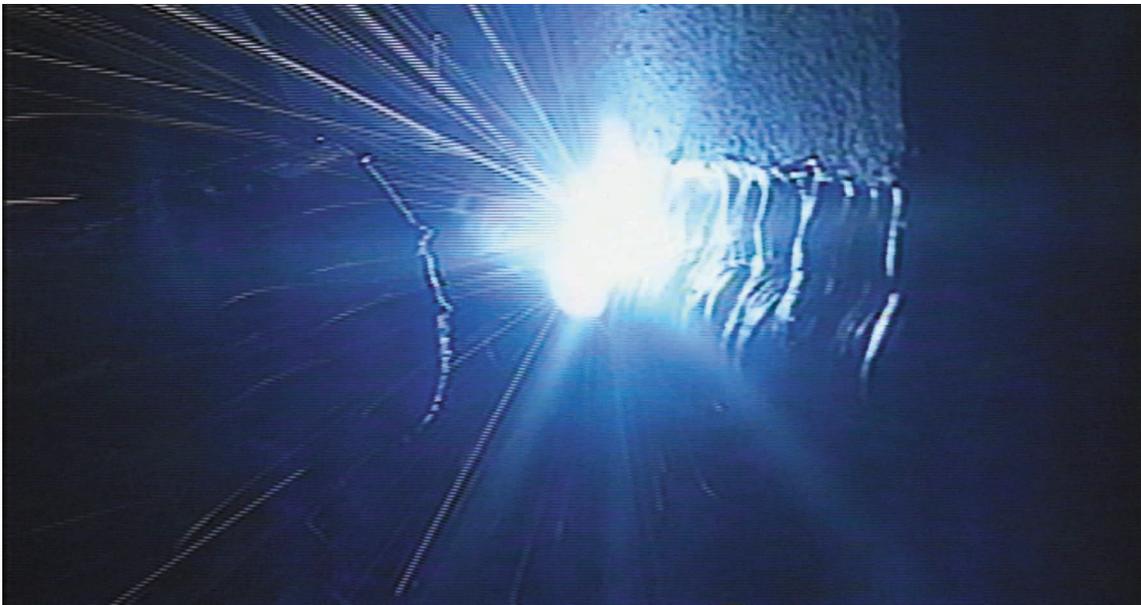
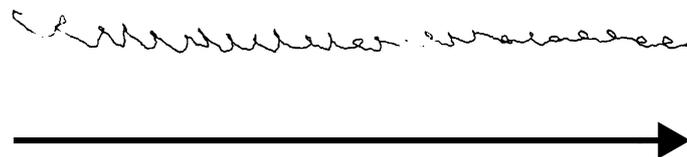


図6 - 263 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法3層目2パス目溶接のトーチの状況



（注）溶接方向は、左から右へである。

図6 - 264 一般技能者の12 mm 板横向き姿勢後退法3層目2パス目溶接のトーチ移動軌跡

(フ) 後退法 3 層目 3 パス目溶接

(i) 運棒の動き

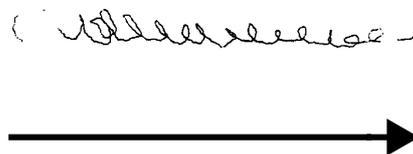
12 mm 板後退法 3 層目 3 パス目溶接の運棒を見ると、楕円形を描く運棒であった(図 6 - 265)。

(ii) トーチ移動軌跡

12 mm 板後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、左に傾いた楕円形を描く図形で、振り幅は不安定であった。振り幅は、同じ板厚、同じ層、パスの前進法溶接よりも狭かった(図 6 - 266)。



図 6 - 265 一般技能者の12mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチの状況



(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 266 一般技能者の12mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡

㉞ 溶接作業結果

(i) 前進法溶接

12 mm 板横向き姿勢前進法溶接の2層目までの溶接結果を見ると、ビードがまっすぐには盛られておらず、2層目の1パス目溶接と2パス目溶接のビード間の境界線が曲がっている（図6 - 267）。

3層目まで盛られた最終溶接結果を見ると、最終層ビードが上下に曲がった状態で盛られており、ビード外観は必ずしも良好ではない（図6 - 268）。



図6 - 267 一般技能者の12 mm 板の前進法溶接の2層目までの溶接結果



図6 - 268 一般技能者の12 mm 板の前進法溶接の最終溶接結果

(ii) 後退法溶接

12 mm 板横向き姿勢後退法溶接の2層目までの溶接結果を見ると、2層目におけるビードの重なり具合が必ずしも良好ではなく、平らな仕上がりになっていない(図6 - 269)。また、最終溶接結果を見ると、3層目のビードが曲がっており、余盛り高さも高い(図6 - 270)。



図6 - 269 一般技能者の12 mm 板の後退法溶接の2層目までの溶接結果



図6 - 270 一般技能者の12 mm 板の後退法溶接の最終溶接結果

(e) 19 mm 板の横向き姿勢溶接

イ) 前進法溶接全般

(i) 溶接姿勢

一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法溶接における溶接姿勢は、図6 - 271のとおりである。手ぶれが生じないように、両手でトーチを持って作業した。

(ii) 運棒の動き

19 mm 板前進法溶接の2層目溶接と3層目溶接における運棒の動きは、すべてジグザグ型の運棒を行った。また、時折火花が散る場面が見られた。



図6 - 271 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法溶接における溶接姿勢

(ロ) 前進法 2 層目 1 パス目溶接

19 mm 板前進法 2 層目 1 パス目のトーチ移動軌跡を見ると、ジグザグを描く図形となり、振り幅やピッチ幅は不安定であった。また振り幅は 9 mm 板前進法 2 層目 1 パス目より広がった (図 6 - 272)。

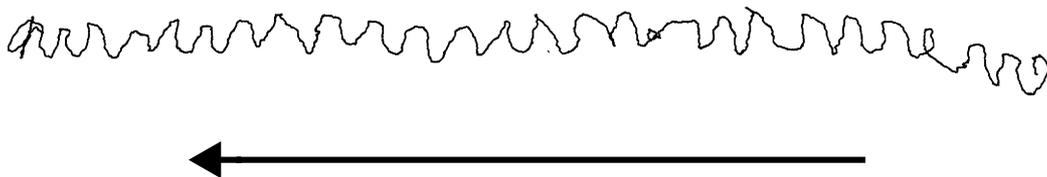
(ハ) 前進法 2 層目 2 パス目溶接

19 mm 板前進法 2 層目 2 パス目のトーチ移動軌跡を見ると、ジグザグの図形となっており、振り幅は 1 パス目より広がった。また、9 mm 板前進法 2 層目 2 パス目溶接よりも振り幅が広がった (図 6 - 273)。



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 272 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡



(注) 溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 273 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

（二） 前進法 3 層目 1 パス目溶接

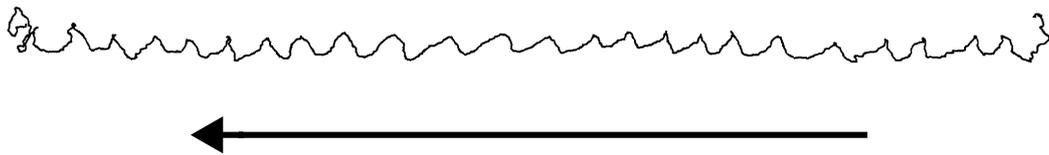
19 mm 板前進法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、ジグザグの図形となった（図 6 - 274）。

（ホ） 前進法 3 層目 2 パス目溶接

19 mm 板前進法 3 層目 2 パス目溶接はジグザグのトーチ移動軌跡となった。振り幅は 1 パス目溶接とほとんど変わらなかった（図 6 - 275）。

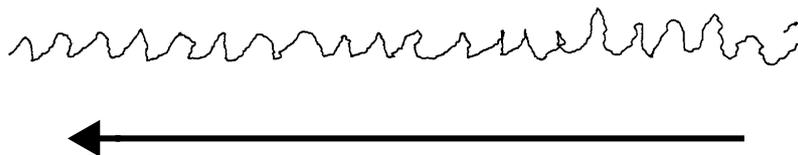
（ヘ） 前進法 3 層目 3 パス目溶接

19 mm 板前進法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡はジグザグの図形で、1 パス目溶接、2 パス目溶接よりも振り幅が狭かった（図 6 - 276）。



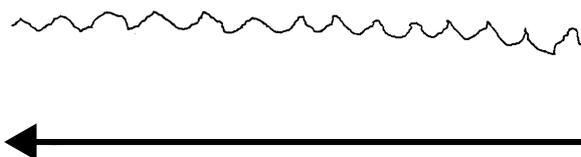
（注）溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 274 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡



（注）溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 275 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法 3 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡



（注）溶接方向は、右から左へである。

図 6 - 276 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡

(ト) 後退法全般

(i) 溶接姿勢

19 mm 板横向き姿勢後退法溶接の溶接姿勢は、図 6 - 277のとおりで、他の板厚と同様、左肘は作業台の上に載せていた。

(ii) 運棒の動き

19 mm 板横向き姿勢後退法溶接の運棒パターンは、2 層目も 3 層目も楕円形を描く運棒であった。また、時折火花が散る場面が見られた。



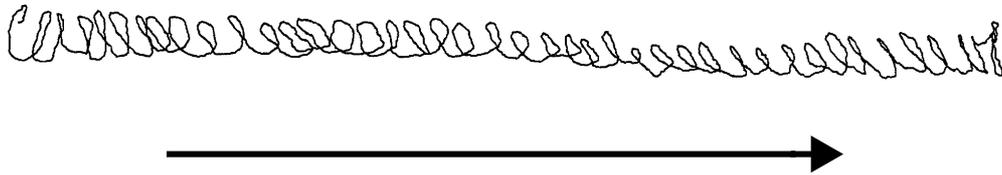
図 6 - 277 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢後退法溶接における溶接姿勢

(チ) 後退法 2 層目 1 パス目溶接

19 mm 板後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、左に傾いた楕円形であった。また、同じ板厚の前進法 2 層目 1 パス目溶接に比べ、トレンドやピッチ幅が不安定であった（図 6 - 278）。

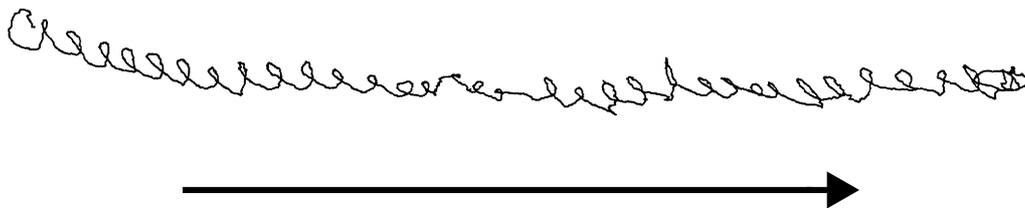
(リ) 後退法 2 層目 2 パス目溶接

19 mm 板後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、小さな楕円形を描く図形であった。また、19 mm 板前進法 2 層目 2 パス目溶接に比べ、トレンドが不安定であった。また振り幅は前進法溶接よりも狭かった（図 6 - 279）。



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 278 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡



（注）溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 279 一般技能者の19 mm 板横向き姿勢後退法 2 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡

(ヌ) 後退法 3 層目 1 パス目溶接

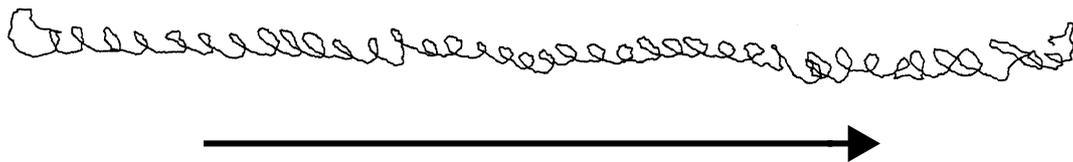
19 mm 板後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、左に傾いた楕円形となった。ピッチ幅及びトレンドが不安定であった (図 6 - 280)。

(ル) 後退法 3 層目 2 パス目溶接

19 mm 板後退法 3 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡は、小さい楕円形を描く図形で、振り幅は 1 パス目溶接より狭かった。また、同じ板厚、同じ層パスでの前進法溶接と比較しても、振り幅は狭かった (図 6 - 281)。

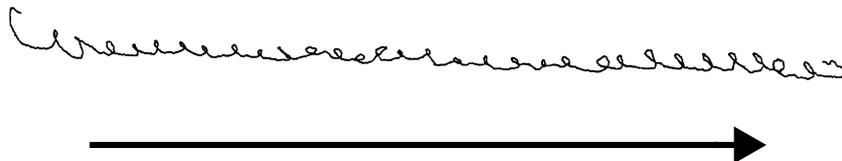
(ヲ) 後退法 3 層目 3 パス目溶接

19 mm 板後退法 3 層目 3 パス目溶接も、他のパスと同じ楕円形のトーチ移動軌跡を描いた。ピッチ幅は不安定であった (図 6 - 282)。



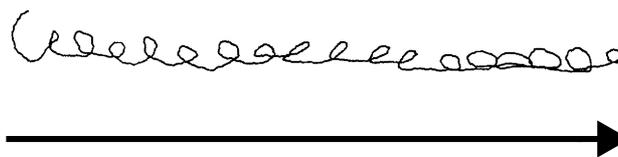
(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 280 一般技能者の 19 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 1 パス目溶接のトーチ移動軌跡



(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 281 一般技能者の 19 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 2 パス目溶接のトーチ移動軌跡



(注) 溶接方向は、左から右へである。

図 6 - 282 一般技能者の 19 mm 板横向き姿勢後退法 3 層目 3 パス目溶接のトーチ移動軌跡

㉞ 溶接作業結果

(i) 前進法溶接

一般技能者の19 mm 板横向き姿勢前進法溶接の3層目までの溶接結果を見ると¹⁹、まっすぐにビードは盛られているが、3層目の表面は必ずしも平らにならず、パスごとに凸凹になっている箇所もある（図6 - 283）。

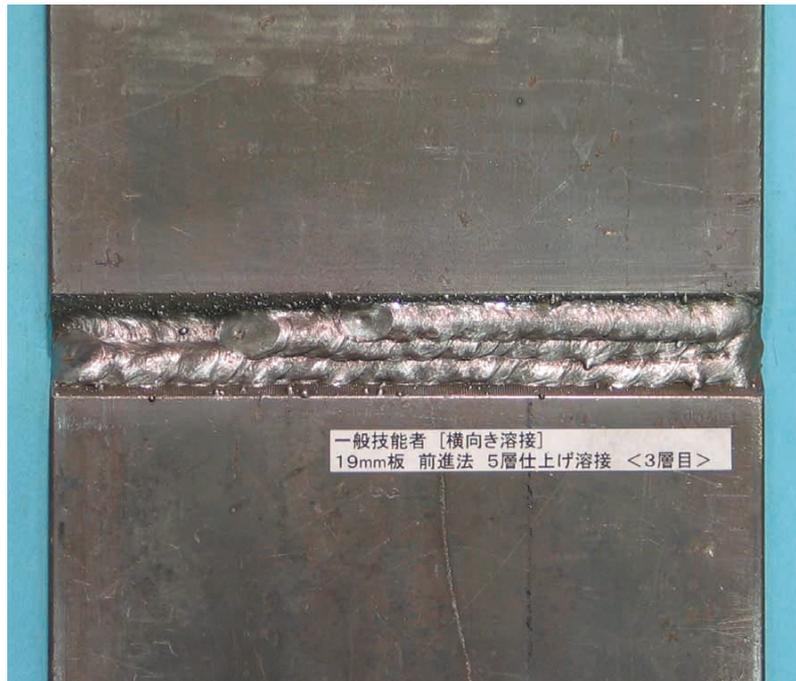


図6 - 283 一般技能者の19 mm 板の前進法溶接の3層目までの溶接結果

¹⁹ 19 mm 板溶接では、一般技能者は3層目までしか溶接作業を行っていないため、ここで提示する溶接結果は、3層目までの溶接結果のみである。

(ii) 後退法溶接

19 mm 板の横向き姿勢後退法溶接の3層目までの溶接結果を見ると、ビードはまっすぐに盛られているものの、3層目の中にはビードの重なり具合が良好でない箇所もあり、平らな仕上がりにはなっていない(図6 - 284)。



図6 - 284 一般技能者の19 mm 板の後退法溶接の3層目までの溶接結果

事後ヒアリング調査結果

(a) 9 mm 板前進法溶接

イ 1 層目溶接

(i) 作業のポイント

1 層目溶接では、裏波を出すため溶融池の先端でアークを発生させることがポイントであった。このため溶融池全体が見えるような姿勢をとった。

(ii) 作業で難しかったところ

手ぶれが生じアークが安定しないことが難しかった。このため、手が動かないよう、左手で右手を支えた。

ロ 2 層目 1 パス目溶接

(i) 作業のポイント

3 層で仕上げなければならないため、ビードが厚くならないよう速いスピードで運棒した。このため、手ぶれが多くなり、手がぶれないよう支えた。

ハ 2 層目 2 パス目溶接

(i) 作業のポイント

横向きの溶接のため、溶融金属が下に垂れやすい問題があったので、斜めにビードを重ねるよう意識した。

ニ 3 層目 1 パス目溶接

(i) 作業のポイント

開先の肩の部分が残っているので、それぞれの開先の残り部分を十分溶かすように運棒した。

(ii) 作業で難しかったところ

手がぶれやすいため、手が動かないよう、左手で右手を支えた。

ホ 3 層目 2 パス目溶接、3 パス目溶接

(i) 作業のポイント

前パスの頂点にビードが重なるように運棒した。

(b) **9 mm 板後退法溶接**

(イ) **作業のポイント**

作業のポイントを前進法と同様に考えた。

(ロ) **作業で難しかったところ**

ビードの高さが高くなるため、それを押さえようとしたが、手が思うように動かなかつた。また、溶接技能解析システムのアームがトーチに装着され、その重さからトーチを操作しにくかつたため、微妙なトーチの動かし方が実現できなかつた。

(c) **12 mm 板溶接**

(イ) **作業で難しかったところ**

9 mm 板と層数パス数が同じであったため、1パス当たりの溶接時間が長くなり、身体の姿勢をいかに保持するかが問題となつた。このため、左手を作業台の上におき、楽な姿勢になるよう工夫した。

(d) **19 mm 板溶接**

(イ) **作業で難しかったところ**

複数パス溶接で、ビードを重ねて平らにすることに苦労した。

(ロ) **その他**

逆に、太いビードを盛ることができるので、動きの自由度が増し、緊張することなく溶接作業に取り組めた。