

第9章 曲げ板金本調査

第9章 曲げ板金本調査

1. 事前ヒアリング調査結果

高度熟練技能者、一般技能者に対しておこなった事前ヒアリング調査結果には、撮影に必要な加工手順、使用する工具の確認などが含まれており、その全部を報告することは本調査の趣旨にそぐわない。本項目では、高度熟練技能者に対する事前ヒアリング調査結果から、技能習得に関係する部分を整理して、以下に報告する。(本報告書巻末の付属資料に、高度熟練技能者に対する事前ヒアリング内容の全文を付記する)

(1) 図面を見て

まず部品ごとに立体の形を思い浮かべてから、全部を組み合わせた形をイメージする。部品がテーパーや複雑な形をしている場合や斜めについている場合には、本当にそれがそういう形になるのかどうかを確認する。

(2) 確認事項

どこに溶接の指示があるか、寸法に関する指示を最初に確認する。

(3) 加工手順の選択

今回の課題において、各部品の加工順番はベースから開始する事が出来るので、はじめに悩むことはほとんどない。悩むとすれば組みつけ手順であり、選択肢を考えた箇所は次の通りである。

a. 円筒と楕円筒のどちらを先に中間体に組み付けするか

(4) ゆがみやすい箇所について

溶接によるゆがみの方向は経験から分かるが、どのくらいゆがむかという量がやってみないと分からない。また実際にやった場合でも、その都度ゆがむ量が変わるので、定量的に把握することは難しい。

(5) 現物合わせ

今回の課題で、中間体と円筒の組み付けは現物合わせを行う。教科書では展開することになっているが、事前に穴を開けるとその部分で曲げが正確に出にくいので、今回は現物合わせを採用した。

(6) 展開

展開を考える際には、板厚を考慮して内径・外径・中立のどれであるのかの判断と、上と下で基準を変えた場合の調整（特に垂直面などで問題になる）が重要。また弧で取るのか弦で取るか中間で取るのか、12等分か16等分かといったところが経験から来る判断上のポイントとなる。

(7) 展開の精度

コンパスで取るときに、大きめになるとかいった自分の癖を把握して調整できることが重要。CADで計算したものと一致するかどうかは重要だが、自分の加工傾向を考慮した調整が入る場合もあり、総合的に判断すべき項目である。

(8) 余肉の考え方1

溶接により変形が予想される場合には、その分を見込んで倒れこむ方向を補正する与肉をつけることを考える。今回の課題では、ベースと中間体の組み付け時に中間体が倒れる可能性があり、1～1.5ミリの余肉を考える。

(9) 余肉の考え方2

高さ方向の寸法を確保するために、中間体の傾きの調整分として、円筒と楕円筒の長さ方向に余肉を5ミリ程度取る。中間体は形状が単純でないので余肉は取らない。

(10) たがね

かけたたがねのコツは、けがき線からたがねがずれないようにすることで、それにはたがねを合わせてから叩くまでに頭の位置を動かさないようにすることである。また片ギキになって角が入ってしまうのも良くない。

(11) 直線の曲げ

直線の曲げで重要なのは、たがねを正確な直線にかけ過ぎず、かつかけ不足にもしないことと、完成形をイメージしてそのとおりに曲げることである。直線にかけるためには、かかりにくい端にもきちんとかけることが必要である。

(12) 直線のわれの防止

たがねをかけた時の限界は、溝の深さで分かり、感覚的にかけ具合は分かってくるものだが、最終的には目で見て確認する。

(13) 円筒の曲げ

曲がりにくい端の部分はハンマを使って形を出した後は、手でずらしながら腰折れしないようにずらしながら曲げていく。一気に曲げようとするとう折れするので、満遍なく力をかけるようにする。

(14) 形状の確認

形状の確認方法としては、手で触って確認する方法を行っている。ただし、曲げがゆるくなればなるほど難しくなる。

(15) 複雑な形状の曲げ

今回の課題で中間体のような複雑な形状を曲げる際には、強く曲げなければならない箇所と、緩く曲げる箇所があるので、その違いを使い分けられることが重要である。

(16) 母線での曲げ

曲げているうちに母線が分からなくなってしまう場合があるので、そういう時には、母線の位置を確認して正しく曲げるようにするのがポイントとなる。難しい形状の場合には、事前に母線の位置を参考用に油性ペン等で書く場合もある。

(17) フランジ(つばだし)

フランジのポイントは、のぼす量と倒す量を合わせることだが、必ずムラが生じるので、一周させながら加工していく中で前回の過不足分を調整していけるかどうか重要である。溶接部分をつばだし加工する場合には、裏ビードがある分のびやすくなるので、調整が必要になる。

(18) 溶接のポイント

溶接作業自身のポイントは炎の調節で、鋭角になるような隅肉溶接では、なかなか熔けないので炎を強めるといった加減をする。中間体の溶接では角度が違ってくるので、同じ炎のままでは難しい。

2. 作業実施状況

(1) 高度熟練技能者

高度熟練技能者の作業記録を表9-1に示す。作業は二日間にまたがっており、累計時間は加工開始からの加工分数の累計を、実時刻は実際の撮影時刻を表している。加工途中で加工内容について技能者自身より解説してもらった部分は「加工ポイント」と表記し、この間は手を休めていたことから、加工途中で工作物の状態を撮影した時間「部品カット」と合わせて加工分数の対象外としている。

表9-1 高度熟練技能者作業記録

工 程	加工分数	累計時間	実時刻	図表番号
中間体のけがき	32	00 : 32	08 : 41 ~	9 - 3
中間体のけがきポイント			09 : 13 ~	
中間体のけがき	5	00 : 37	09 : 15 ~	
中間体のけがきポイント			09 : 20 ~	
けがき後の部品カット			09 : 39 ~	9 - 4
図面を見て計算			10 : 14 ~	9 - 2
ベースのたがねがけ	3	00 : 40	10 : 20 ~	9 - 5
たがねがけのポイント			10 : 23 ~	
ベースのたがねがけ	0	00 : 40	10 : 30 ~	9 - 6
ベースの直線曲げ	2	00 : 42	10 : 30 ~	
ベースのたがねがけ	6	00 : 48	10 : 32 ~	
ベースのたがねがけのポイント			10 : 38 ~	
たがねがけ後の部品カット			10 : 40 ~	
ベースの直線曲げ	1	00 : 49	10 : 54 ~	9 - 7
ベースのたがねがけ	0	00 : 49	10 : 55 ~	
ベースの直線曲げ	2	00 : 51	10 : 55 ~	9 - 8
ベースのたがねがけ	5	00 : 56	10 : 57 ~	9 - 9
ベースのたがねがけのポイント			11 : 02 ~	
たがねがけ後の部品カット			11 : 02 ~	9 - 10
ベースの曲線曲げ	6	01 : 02	11 : 10 ~	9 - 11
ベースの曲線曲げのポイント			11 : 16 ~	9 - 12
ベースの曲線曲げ	7	01 : 09	11 : 18 ~	9 - 13
ベースの仮付け	2	01 : 11	11 : 25 ~	9 - 14
ベースの仮付け部ならし	1	01 : 12	11 : 27 ~	9 - 15
ベースの仮付け	1	01 : 13	11 : 28 ~	9 - 16
ベースの仮付け部ならし	1	01 : 14	11 : 29 ~	
ベースの本溶接	5	01 : 19	11 : 30 ~	9 - 17
ベースの本溶接部ならし	4	01 : 23	11 : 35 ~	9 - 18
ベースの曲線曲げ修正	1	01 : 24	11 : 39 ~	
ベースの曲線曲げ修正のポイント			11 : 40 ~	

ベースの曲線曲げ修正	3	01 : 27	11 : 40 ~	
ベース四隅の割れ止め溶接	1	01 : 28	11 : 43 ~	9 - 19
ベース四隅の割れ止めのポイント			11 : 44 ~	
割れ止め溶接後のならし	0	01 : 28	11 : 45 ~	
ベースのたがねがけ	1	01 : 29	11 : 45 ~	
ベースの直線曲げ	3	01 : 32	11 : 46 ~	9 - 20
ベース四隅の修正	2	01 : 34	11 : 49 ~	
ベース四隅の修正ポイント			11 : 51 ~	
ベースの寸法出し	3	01 : 37	11 : 52 ~	9 - 21
ベースの寸法出しのポイント			11 : 55 ~	
ベースの寸法出し	5	01 : 42	11 : 56 ~	9 - 22
ベース四隅の仮付け	4	01 : 46	13 : 01 ~	
ベース四隅の本溶接	2	01 : 48	13 : 05 ~	9 - 23
ベース四隅の直線出し	3	01 : 51	13 : 07 ~	
ベース四隅の接地面の調整	1	01 : 52	13 : 10 ~	
ベース四隅直線確認	0	01 : 52	13 : 11 ~	9 - 24
ベース四隅修正のポイント			13 : 11 ~	
ベース四隅の修正	3	01 : 55	13 : 11 ~	9 - 25
ベース中間体との接合面修正	0	01 : 55	13 : 14 ~	9 - 26
ベース修正のポイント			13 : 14 ~	
ベース中間体の接地面とたれ修正	23	02 : 18	13 : 15 ~	
ベース加工のポイント			13 : 38 ~	
ベースの部品カット			13 : 44 ~	9 - 27
中間体の切断	5	02 : 23	13 : 52 ~	9 - 28
楕円筒の加工ポイント			13 : 57 ~	
楕円筒のけがき	2	02 : 25	13 : 58 ~	
けがきのポイント			14 : 00 ~	
楕円筒のたがねがけ	2	02 : 27	14 : 00 ~	9 - 29
楕円筒の曲げ	2	02 : 29	14 : 02 ~	9 - 30
楕円筒の曲げポイント			14 : 04 ~	9 - 31
楕円筒の曲げ途中部品カット			14 : 07 ~	9 - 32
楕円筒の曲げ	3	02 : 32	14 : 14 ~	9 - 33
楕円筒の仮付け	2	02 : 34	14 : 17 ~	9 - 34
楕円筒の仮付け部ならし	0	02 : 34	14 : 19 ~	
楕円筒の仮付け	0	02 : 34	14 : 19 ~	
楕円筒の仮付け部ならし	1	02 : 35	14 : 19 ~	9 - 35
楕円筒の本溶接	2	02 : 37	14 : 20 ~	9 - 36
楕円筒の本溶接部ならし	3	02 : 40	14 : 22 ~	
楕円筒の修正	12	02 : 52	14 : 25 ~	9 - 37
楕円筒フランジの加工ポイント			14 : 37 ~	
楕円筒フランジの余肉切断	0	02 : 52	14 : 38 ~	
フランジののばし、倒しポイント			14 : 38 ~	
楕円筒フランジののばし、倒し	5	02 : 57	14 : 39 ~	9 - 38

フランジの折れ線加工ポイント			14 : 44 ~	
楕円筒フランジの折れ線加工	3	03 : 00	14 : 44 ~	
フランジののばし、倒しポイント			14 : 47 ~	
楕円筒フランジののばし、倒し	2	03 : 02	14 : 47 ~	
直線部分倒しのポイント			14 : 49 ~	
楕円筒フランジの直線部分倒し	0	03 : 02	14 : 50 ~	9 - 39
楕円筒フランジののばしポイント			14 : 50 ~	
楕円筒フランジののばし	2	03 : 04	14 : 51 ~	9 - 40
楕円筒フランジののばしポイント			14 : 53 ~	
楕円筒フランジののばし	1	03 : 05	14 : 54 ~	
楕円筒フランジの直線部倒し	1	03 : 06	14 : 55 ~	
フランジののばし、倒しポイント			14 : 56 ~	
楕円筒フランジののばし、倒し	3	03 : 09	14 : 56 ~	9 - 41
フランジのズレ修正ポイント			14 : 59 ~	
楕円筒フランジのズレ修正	3	03 : 12	14 : 59 ~	
ズレ修正、ならしポイント			15 : 02 ~	
楕円筒フランジのならし	9	03 : 21	15 : 03 ~	9 - 42
楕円筒フランジののばしポイント			15 : 12 ~	
楕円筒フランジののばし	3	03 : 24	15 : 12 ~	
フランジのならし、線付けポイント			15 : 15 ~	
楕円筒フランジのならし、線付け	35	03 : 59	15 : 16 ~	
丸棒曲げ	10	04 : 09	15 : 51 ~	9 - 46 ~ 50
丸棒部品カット			16 : 01 ~	9 - 51
円筒のけがき	2	04 : 11	16 : 02 ~	
円筒の曲げ	4	04 : 15	16 : 04 ~	9 - 52
円筒の曲げ途中部品カット			16 : 08 ~	9 - 53
円筒の曲げ	6	04 : 21	16 : 18 ~	9 - 54
円筒の仮付け	3	04 : 24	16 : 24 ~	9 - 55
円筒の仮付け部ならし	0	04 : 24	16 : 27 ~	
円筒の本溶接	3	04 : 27	16 : 27 ~	
円筒の本溶接部ならし	3	04 : 27	16 : 30 ~	
円筒の修正	8	04 : 35	16 : 33 ~	9 - 56
円筒ワイヤリングの加工ポイント			16 : 41 ~	
円筒ワイヤリングののばし	3	04 : 38	16 : 41 ~	9 - 57
円筒ワイヤリングの加工ポイント			16 : 44 ~	
円筒ワイヤリングののばし	6	04 : 44	16 : 45 ~	
4 R ののばしポイント			16 : 51 ~	
円筒ワイヤリング 4 R ののばし	2	04 : 46	16 : 52 ~	9 - 58
ワイヤリングののばしポイント			16 : 54 ~	
円筒ワイヤリングののばし	1	04 : 47	16 : 54 ~	
ワイヤリングののばしポイント			16 : 55 ~	
円筒ワイヤリングののばし	1	04 : 48	16 : 56 ~	
ワイヤリングののばしポイント			16 : 57 ~	

円筒ワイヤリングののばし	1	04 : 49	16 : 57 ~	
ワイヤリングののばしポイント			16 : 58 ~	
円筒ワイヤリングののばし	6	04 : 55	16 : 58 ~	
ワイヤリングののばしポイント			17 : 04 ~	
円筒ワイヤリングののばし	3	04 : 58	17 : 04 ~	
ワイヤリングの絞りポイント			17 : 07 ~	
円筒ワイヤリングの絞り	5	05 : 03	17 : 21 ~	9 - 59
ワイヤリングの絞りポイント			17 : 26 ~	
円筒ワイヤリングの絞り	1	05 : 04	17 : 26 ~	
ワイヤリングの倒し込みポイント			17 : 27 ~	
円筒ワイヤリングの倒し込み	2	05 : 06	17 : 28 ~	
ワイヤリングの絞りポイント			17 : 30 ~	
円筒ワイヤリングの絞り	1	05 : 07	17 : 30 ~	
ワイヤリングの絞りポイント			17 : 31 ~	
円筒ワイヤリングの絞り	3	05 : 10	17 : 31 ~	
円筒ワイヤリング途中部品カット			17 : 34 ~	9 - 60
ワイヤリングの巻きポイント			17 : 37 ~	
ワイヤリング巻き高さのけがき	1	05 : 11	17 : 37 ~	9 - 61
円筒ワイヤリングの余肉切断	1	05 : 12	17 : 38 ~	9 - 62
ワイヤリング丸棒入れのポイント			17 : 39 ~	
円筒ワイヤリングの丸棒入れ	2	05 : 14	17 : 40 ~	9 - 63
ワイヤリングガイド付けポイント			17 : 42 ~	
円筒ワイヤリングのガイド付け	2	05 : 16	17 : 42 ~	
ワイヤリングの巻き込みポイント			17 : 44 ~	
円筒ワイヤリングの巻き込み	6	05 : 22	17 : 44 ~	9 - 64
円筒ワイヤリングの巻き込み	0	05 : 22	17 : 50 ~	9 - 65
円筒ワイヤリングの修正	9	05 : 31	17 : 50 ~	9 - 66
円筒の部品カット			17 : 59 ~	9 - 67
中間体の加工ポイント			18 : 08 ~	
中間体のたがねがけ	3	05 : 34	18 : 10 ~	9 - 68
中間体の曲げポイント			18 : 13 ~	
中間体の曲げ	1	05 : 35	18 : 14 ~	9 - 69
中間体の曲げポイント			18 : 15 ~	
中間体の曲げ	2	05 : 37	18 : 15 ~	9 - 70
中間体の曲げ部品カット			18 : 17 ~	9 - 71
中間体の曲げ	4	05 : 41	18 : 19 ~	9 - 72
中間体の曲げポイント			18 : 23 ~	
中間体の曲げ	3	05 : 44	18 : 24 ~	
中間体の仮付け	1	05 : 45	18 : 27 ~	9 - 73
中間体の仮付け部ならし	1	05 : 46	18 : 28 ~	
中間体の仮付け	0	05 : 46	18 : 29 ~	
中間体の仮付け部ならし	1	05 : 47	18 : 29 ~	
中間体の仮付け	1	05 : 48	18 : 30 ~	

中間体の仮付け部ならし	1	05 : 49	18 : 31 ~	
中間体の本溶接	3	05 : 52	18 : 32 ~	9 - 74
中間体の本溶接部ならし	1	05 : 53	18 : 35 ~	9 - 75
中間体の修正	6	05 : 59	18 : 36 ~	
ベースのセンター取りポイント			18 : 42 ~	
中間体の修正	5	06 : 04	18 : 42 ~	
中間体の組み付け接合面修正	8	06 : 12	18 : 47 ~	9 - 76
中間体の高さ確認	1	06 : 13	18 : 55 ~	9 - 77
中間体の高さ確認のポイント			18 : 56 ~	
中間体の高さ修正	6	06 : 19	18 : 56 ~	
中間体の高さ確認	0	06 : 19	19 : 02 ~	
中間体の高さ修正	2	06 : 21	19 : 02 ~	
中間体の高さ確認	1	06 : 22	19 : 04 ~	
中間体の高さ修正	7	06 : 29	19 : 05 ~	
ベースの部品カット			19 : 12 ~	9 - 78
中間体の部品カット			19 : 19 ~	
ベースと中間体の溶接ポイント			19 : 23 ~	
組み付け溶接位置取り	4	06 : 33	19 : 27 ~	9 - 79
ベースと中間体の仮付け	9	06 : 42	19 : 31 ~	9 - 80
ベースと中間体の本溶接	5	06 : 47	19 : 42 ~	9 - 81
ベースと中間体の本溶接	2	06 : 49	19 : 47 ~	
ベースと中間体の溶接後寸法確認	2	06 : 51	19 : 49 ~	9 - 82
ベースと中間体の修正ポイント			19 : 51 ~	
ベースと中間体の修正	2	06 : 53	19 : 51 ~	9 - 83
ベースと中間体の修正ポイント			19 : 53 ~	
ベースと中間体の部品カット			19 : 58 ~	9 - 84
楕円筒フランジのならし	2	06 : 55	09 : 25 ~	
楕円筒フランジの余肉けがき	1	06 : 56	09 : 27 ~	9 - 43
楕円筒フランジの余肉切断	5	07 : 01	09 : 28 ~	9 - 44
楕円筒フランジの修正	4	07 : 05	09 : 33 ~	
楕円筒の部品カット			09 : 37 ~	9 - 45
楕円筒の組み付けポイント			09 : 47 ~	
楕円筒の中間体接合面修正	2	07 : 07	09 : 49 ~	
中間体の高さけがき	3	07 : 10	09 : 51 ~	9 - 85
楕円筒の高さけがき	3	07 : 13	09 : 54 ~	9 - 86
楕円筒の高さ調整のポイント			09 : 57 ~	
楕円筒の余肉切断	4	07 : 17	09 : 57 ~	
楕円筒の高さ調整のポイント			10 : 01 ~	
楕円筒の高さけがき	0	07 : 17	10 : 02 ~	
楕円筒の余肉切断	2	07 : 19	10 : 02 ~	
楕円筒の高さ修正ポイント			10 : 04 ~	
楕円筒の高さ調整	1	07 : 20	10 : 04 ~	
楕円筒の組み付け高さ確認	2	07 : 22	10 : 05 ~	9 - 87

楕円筒の高さ調整のポイント			10 : 07 ~	
楕円筒の高さ調整	2	07 : 24	10 : 07 ~	
楕円筒の組み付け高さ確認	2	07 : 26	10 : 09 ~	
楕円筒の高さ調整のポイント			10 : 11 ~	
楕円筒の高さけがき	1	07 : 27	10 : 11 ~	
楕円筒の余肉切断	1	07 : 28	10 : 12 ~	
楕円筒の高さ調整	1	07 : 29	10 : 13 ~	
楕円筒の組み付け高さ確認	1	07 : 30	10 : 14 ~	
楕円筒の高さ修正ポイント			10 : 15 ~	
楕円筒の高さ調整	3	07 : 33	10 : 16 ~	
楕円筒の組み付け高さ確認	0	07 : 33	10 : 19 ~	
楕円筒の高さ調整のポイント			10 : 19 ~	
部品カット			10 : 26 ~	9 - 88
楕円筒と中間体の溶接ポイント			10 : 30 ~	
楕円筒の修正	2	07 : 35	10 : 32 ~	
楕円筒と中間体の仮付け	7	07 : 42	10 : 34 ~	9 - 89
仮付けひずみ量チェックポイント			10 : 41 ~	
楕円筒と中間体のひずみ量確認	1	07 : 43	10 : 41 ~	
仮付けひずみ量のポイント			10 : 42 ~	
楕円筒と中間体の本溶接	8	07 : 51	10 : 44 ~	9 - 90
楕円筒の組み付け高さ確認	0	07 : 51	10 : 52 ~	9 - 91
組み付け高さのポイント			10 : 52 ~	
楕円筒と中間体の組み付け修正	1	07 : 52	10 : 53 ~	9 - 92
楕円筒と中間体の修正ポイント			10 : 54 ~	
楕円筒と中間体の修正	2	07 : 54	10 : 54 ~	
楕円筒と中間体の修正ポイント			10 : 56 ~	
楕円筒と中間体の部品カット			11 : 01 ~	9 - 93
円筒と中間体の組み付けポイント			11 : 05 ~	
中間体の円筒接合面けがき	2	07 : 56	11 : 06 ~	9 - 94
円筒と中間体の組み付けポイント			11 : 08 ~	
円筒と中間体の組み付け高さ確認	2	07 : 58	11 : 08 ~	
組み付け高さのポイント			11 : 10 ~	
円筒の高さけがき	1	07 : 59	11 : 11 ~	
円筒の余肉切断ポイント			11 : 12 ~	
円筒の余肉切断	0	07 : 59	11 : 12 ~	9 - 95
円筒の余肉切断ポイント			11 : 12 ~	
円筒と中間体の組み付け高さ確認	1	08 : 00	11 : 12 ~	9 - 96
組み付け高さのポイント			11 : 13 ~	
円筒の高さけがき	1	08 : 01	11 : 13 ~	9 - 97
円筒の余肉切断ポイント			11 : 14 ~	
円筒の余肉切断	1	08 : 02	11 : 14 ~	
円筒と中間体の組み付け高さ確認	0	08 : 02	11 : 15 ~	
組み付け高さのポイント			11 : 15 ~	

円筒と中間体の組み付け高さ確認	0	08:02	11:16~	9 - 98
円筒と中間体の組み付けポイント			11:16~	
円筒と中間体の組み付け位置確認	0	08:02	11:16~	9 - 99
組み付け位置のポイント			11:16~	
円筒と中間体の組み付け位置確認	2	08:04	11:17~	
円筒の余肉切断	1	08:05	11:19~	
円筒と中間体の組み付け高さ確認	2	08:07	11:20~	
組み付け高さのポイント			11:22~	
円筒の高さ調整	1	08:08	11:22~	
高さ調整のポイント			11:23~	
円筒の高さ調整	1	08:09	11:24~	
円筒と中間体の組み付け寸法確認	1	08:10	11:25~	
組み付け高さのポイント			11:26~	
円筒の高さ調整	4	08:14	11:26~	9 - 100
円筒と中間体の組み付け寸法確認	2	08:16	11:30~	
組み付け高さのポイント			11:32~	
円筒の高さ調整	3	08:19	11:32~	
円筒と中間体の組み付け寸法確認	3	08:22	11:35~	
組み付け高さのポイント			11:38~	
中間体の円筒接合面けがき	1	08:23	11:38~	9 - 101
中間体の穴あけポイント			11:39~	9 - 102
中間体の穴あけ	5	08:28	11:40~	9 - 103
穴あけひずみ修正ポイント			11:45~	
中間体の穴あけひずみ修正	2	08:30	11:45~	9 - 104
中間体の穴調整	6	08:36	11:47~	9 - 105
円筒と中間体の組み付け寸法確認	1	08:37	13:03~	
組み付け高さ位置のポイント			13:04~	
円筒と中間体の溶接前商品カット			13:07~	9 - 106
円筒の溶接位置けがき	3	08:40	13:13~	
円筒と中間体の組み付け位置確認	3	08:43	13:16~	
円筒と中間体の仮付け	3	08:46	13:19~	9 - 107
円筒と中間体の仮付けのポイント			13:22~	
仮付け隙間の修正	0	08:46	13:23~	
円筒と中間体の仮付け	1	08:47	13:23~	
仮付け隙間の修正	0	08:47	13:24~	
円筒と中間体の仮付け	1	08:48	13:24~	
仮付け仕上げのポイント			13:25~	
仮付け仕上げ	4	08:52	13:25~	
円筒と中間体の本溶接	3	08:55	13:29~	9 - 108
円筒と中間体の組み付け寸法確認	1	08:56	13:32~	
組み付け寸法のポイント			13:33~	
円筒と中間体の組み付け修正	0	08:56	13:35~	
円筒と中間体の組み付け寸法確認	1	08:57	13:35~	

円筒と中間体の組み付け修正	0	08 : 57	13 : 36 ~	9 - 109
円筒と中間体の組み付け寸法確認	0	08 : 57	13 : 36 ~	
円筒と中間体の組み付け修正	1	08 : 58	13 : 36 ~	
円筒と中間体の組み付け寸法確認	6	09 : 04	13 : 37 ~	
完成品のカット			13 : 43 ~	9 - 110

なお、加工時間と撮影時間の制約により、中間体を除いた部品のけがきと部品の切断、フランジ加工の一部は別途工程として、上記の撮影工程とは別に実施した。

図9 - 2は、図面の内容を確認しながら、展開の計算をおこなっているところである。加工法の検討をおこない、工程を決定する

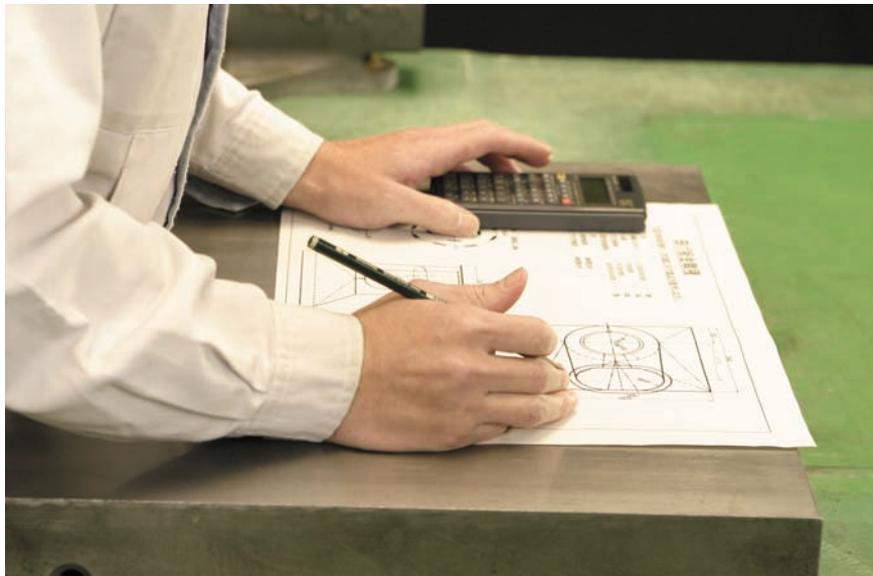


図9 - 2 図面確認と展開の計算

図9 - 3は、計算した展開に基づいて中間体のけがきをおこなっているところである。けがきを行っている板は、撮影用に本体の鉄板の代わりにカラー鉄板を使っている。



図9 - 3 中間体のけがき

図9 - 4は、カラー鉄板に部品のけがきをおこなった結果を示したものである。図の下側のほうにあるのは、部品の展開に使用した部分である。

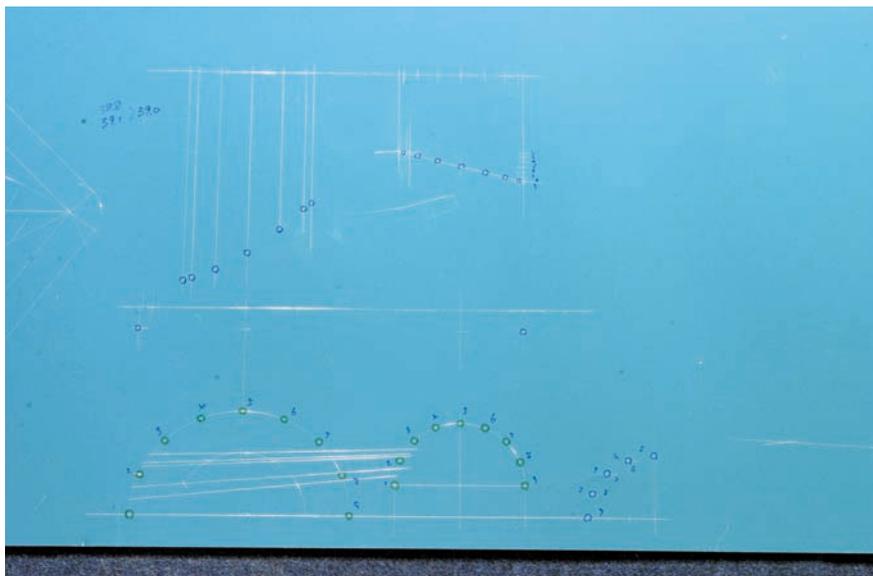


図9 - 4 けがき後の部品カット

図9 - 5は、ベース下部を直線に曲げるために、たがねをかけているところである。今回の課題では、まず1箇所だけたがねをかけて後、実際に曲げたたがねのかけ具合を確認した。また、溶接でつなぐ部分は溶接後に曲げるために、この部分のたがねはかけていない。



図9 - 5 ベースのたがねがけ（その1）

図9 - 6は、ベースの直線部のたがねをかける際に、直線部の端でたがねの肩の部分を叩いてかけているところである。この部分は隣接する部分にかかるために、たがねの端でかけなければならない、この方法で溝の深さを調節している。



図9 - 6 ベースのたがねがけ（その2）

図9 - 7は、定盤の角を使ってベースの直線曲げをおこなっているところである。このときエッジ面が波をうたないように注意し、必要ならば当て木などを使用する。



図9 - 7 ベースの直線曲げ(その1)

図9 - 8は、ベースの直線部分の曲げの状況を角度スケールを使って確認しているところである。確認に、ゲージを使用するかスケールを使用するかは、効率と慣れに応じて使い分ける。

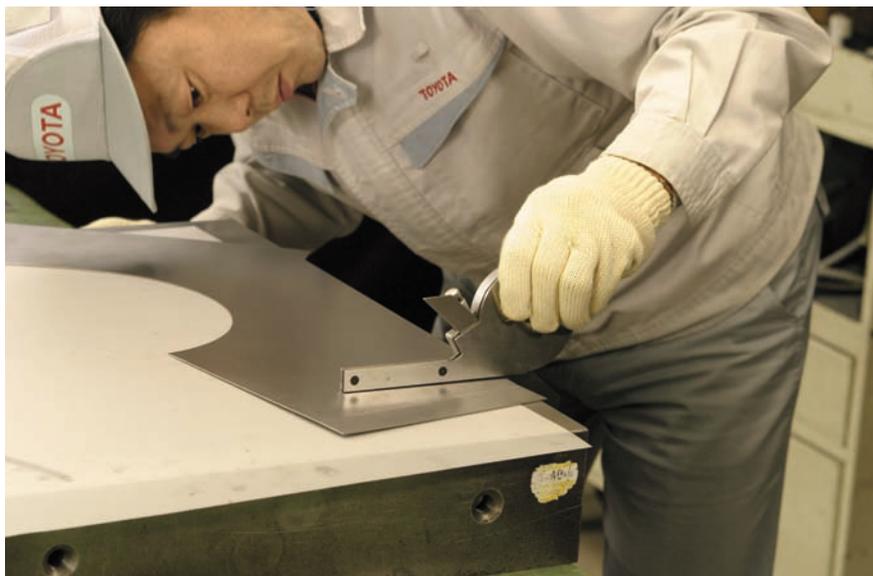


図9 - 8 ベースの直線曲げ(その2)

図9 - 9は、ベース曲面の曲げ開始部の位置を決めるためのたがねをかけているところである。位置決め用のたがねであるため、先の折り曲げ用のたがねとはかけ方が異なる。(詳細は第10章参照のこと)



図9 - 9 ベースのたがねがけ(その3)

図9 - 10は、直線部のたがねをかけ終わった後の部品カットである。コーナー部のたがねの溝が均一なことが良く分かる。

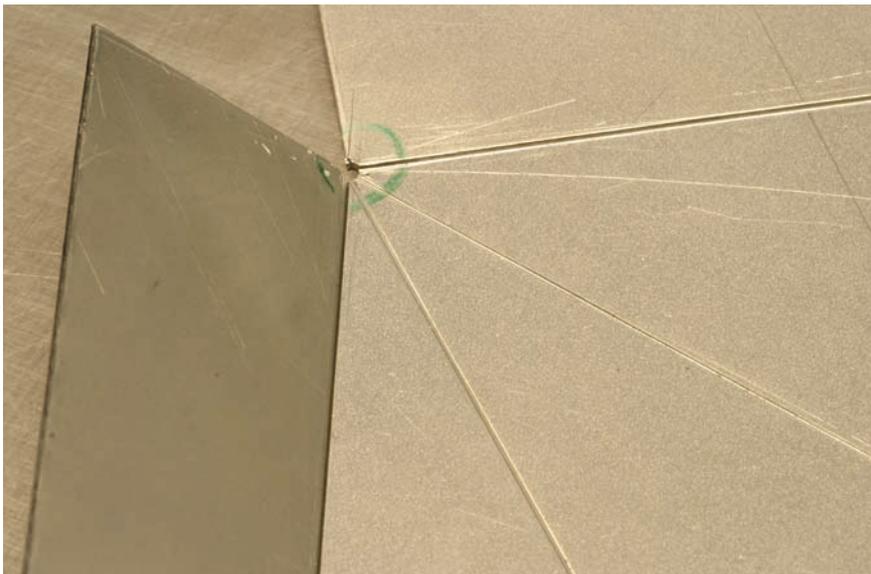


図9 - 10 たがね後の部品カット

図9 - 11は、ベースの曲線曲げをかたな刃を使っておこなっているところである。かたな刃を当てた位置の左右で曲げが発生するので、平面から曲面に曲がりだす開始位置付近では、位置取りを間違えると平面部分が曲がってしまうので注意する必要がある。



図9 - 11 ベースの曲線曲げ(その1)

図9 - 12は、ベースのコーナー部分の曲面の曲げをおこなっているところである。端のほうは強くかける必要があり、力の配分が難しい。

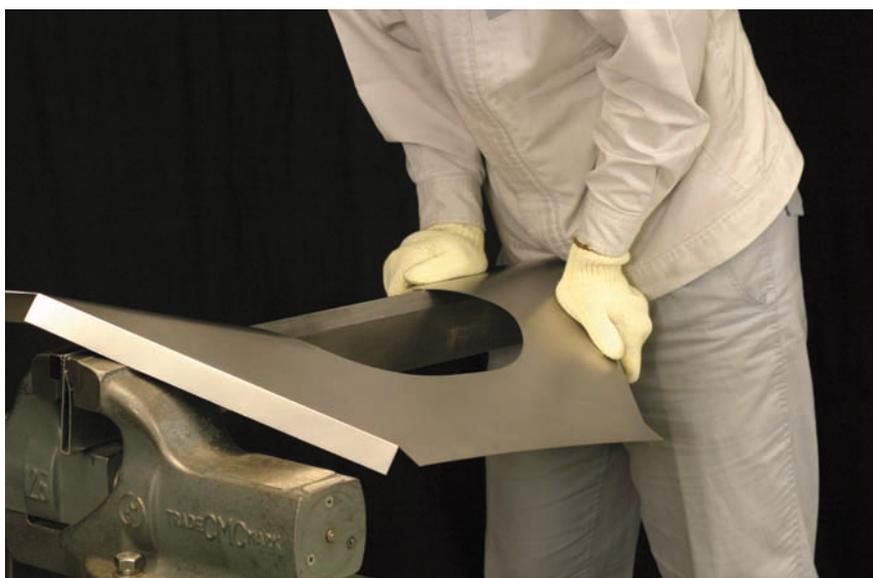


図9 - 12 ベースの曲線曲げ(その2)

図9 - 13は、ベースの曲面の曲げを接合部分付近でおこなっているところである。この後仮溶接をすると、スプリングバック分が吸収できなくなるため、この段階で必要な曲げ量をきちんと確保しておく必要がある。



図9 - 13 ベースの曲線曲げ（その3）

図9 - 14は、ベースの仮付け溶接をおこなっているところである。溶接前の加工が正確で、合わせ面に隙間や重なり等が生じなかったため、溶接時にクリップを使用しなかった。



図9 - 14 ベースの仮付け溶接（その1）

図9 - 15は、ベースの仮付け溶接後にならし作業をおこなっているところである。仮付け溶接は一度に全部おこなうのではなく、ひずみ具合を確認しながら数回に分けて実施した。



図9 - 15 仮付け溶接後のならし

図9 - 16は、再びベースの仮付け溶接をおこなっているところである。仮溶接する位置の順序は、熱によるひずみが集中しないように連続させずに分散させる必要がある。

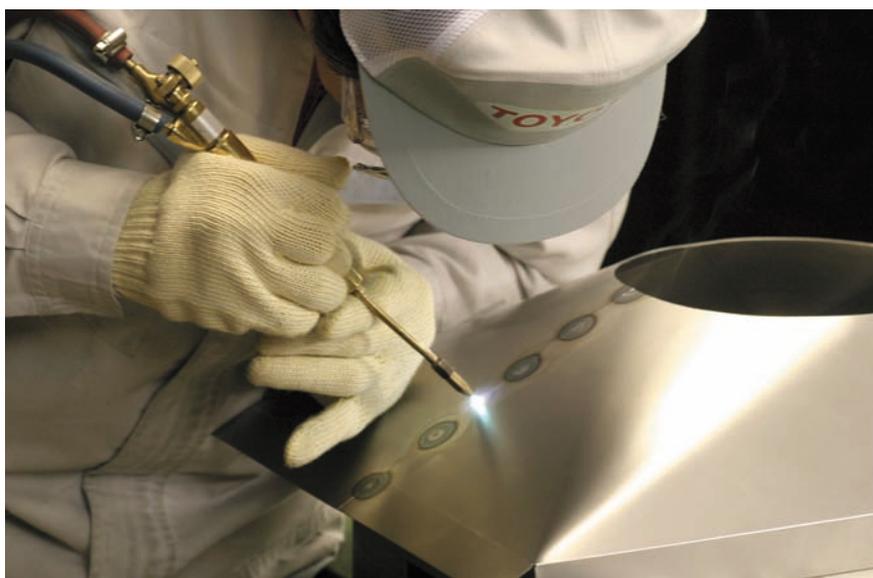


図9 - 16 ベースの仮付け溶接（その2）

図9 - 17は、ベースの本溶接をおこなっているところである。できるだけ速い速度で、かつできるだけ溶接棒の消費を抑えておこなえるかがポイントとなり、そのためには炎の調節が勤所となる。



図9 - 17 ベースの本溶接

図9 - 18は、本溶接後のならし作業をおこなっているところである。溶接後には十分に冷却させてからならしをおこなうことが重要で、早すぎると熱ひずみがならしによりひずみを取った後に顕在化してしまうことになる。

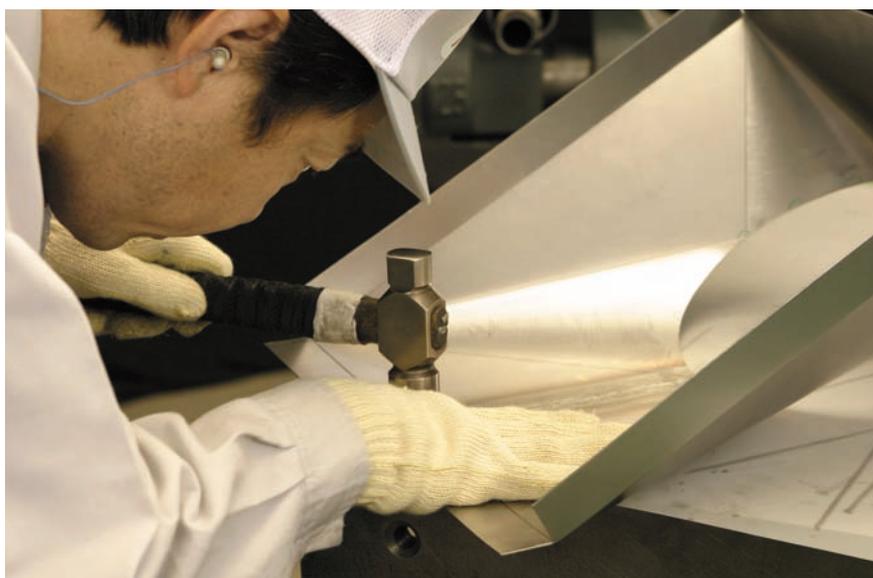


図9 - 18 ベースの本溶接部のならし

図9 - 19は、ベース下部の直線曲げの端部で、割れ止めのために点状の溶接をおこなっているところである。これは、たがねの溝から割れが発生しそうな兆候が出たために、これを防止するためにおこなったものである。



図9 - 19 割れ止め溶接

図9 - 20は、ベースの直線曲げで、未加工となっていた溶接部を含む部分の加工をおこなっているところである。このように溶接した後にひずみを取り除いてから加工が可能な場所は、精度を出すために必ず後でおこなうことが肝要である。



図9 - 20 ベースの直線曲げ（溶接箇所）

図9 - 21は、ベースの寸法をノギスを使って確認しているところである。この時、角部の直角がきちんとできているかも合わせて確認する。



図9 - 21 ベースの寸法出し(その1)

図9 - 22は、ベース下部の直角が出ているかどうかを、角度スケールで確認しているところである。この後、角部のコーナー部分を溶接するとスカートが内側に入るような変形が生じるため、その分を考慮して調節する必要がある。



図9 - 22 ベースの寸法出し(その2)

図9 - 23は、ベース下部のコーナー部分の四隅を溶接しているところである。溶接量を少なくするために、事前にやすりがけで溶接面の成形をおこなっている。(詳細は第10章参照のこと)



図9 - 23 ベース四隅の溶接

図9 - 24は、ベース下部の平面度を、直尺を当てて確認しているところである。また、この時、寸法と直角度についても再度確認している。



図9 - 24 ベースの形状確認

図9 - 25は、ベースの修正において、内径ゲージで上部の開放端の形状を確認しているところである。開放部のゆがみは、最初の形状が正確であれば、必ず凸部と凹部がセットで生じているので、これを互いに反対方向に修正するようにする。



図9 - 25 ベースの修正（その1）

図9 - 26は、ベースの修正で、開放部の高さを確認しているところである。こうした調整でやすりを使うと形状が変わってしまうために、最後の微調整段階だけにするのがポイントである。



図9 - 26 ベースの修正（その2）

図9 - 27は、ベースの部品加工が終わった状態のカットである。この中で、左側の垂直面の形状が一番ゆがみやすく難しい箇所である。また平面部から曲面部が開始する位置がきちんと直線状に出ていることが分かる。

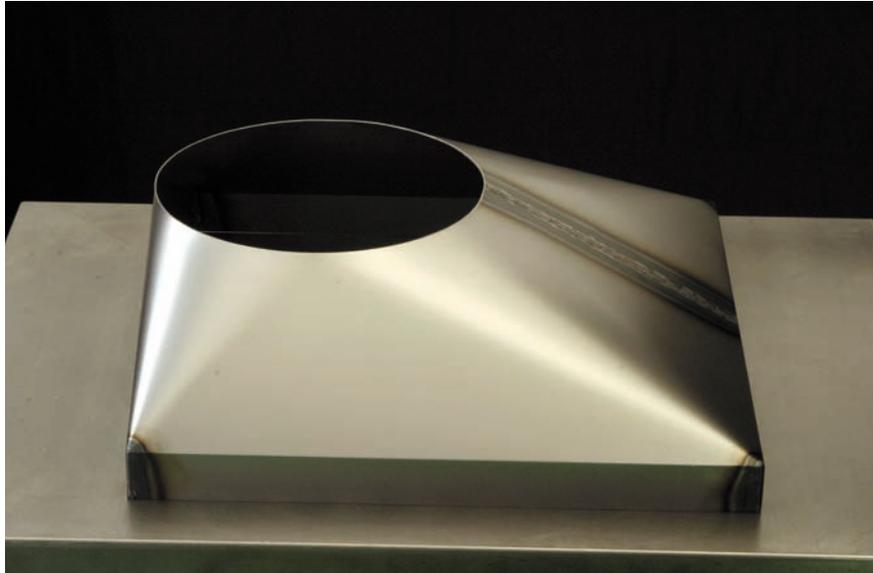


図9 - 27 ベースの部品カット

図9 - 28は、中間体の切断をおこなっているところである。中間体の部品加工は、ベースとの合わせ面の調整後すぐに溶接をおこないたいため、部品加工の最後にした。



図9 - 28 中間体の切断

図9 - 29は、楕円筒の平面部から曲面部が始まる加工開始位置にたがねをかけているところである。この部分のたがねも、形状確認用の浅い溝となるたがねの方である。



図9 - 29 楕円筒のたがねがけ

図9 - 30は、楕円筒の曲げを、心金を使っておこなっているところである。最初に溶接部のある平面から曲がる部分の加工をおこなうが、端部は曲がりにくいので、必要に応じて板金ハンマを使用する。



図9 - 30 楕円筒の曲げ(その1)

図9 - 31は、溶接部のある平面から曲面開始位置にかけての形状を、内輪郭ゲージを使って確認しているところである。Rの形状だけでなく、曲面の開始位置が正確かどうかを確認する必要がある。

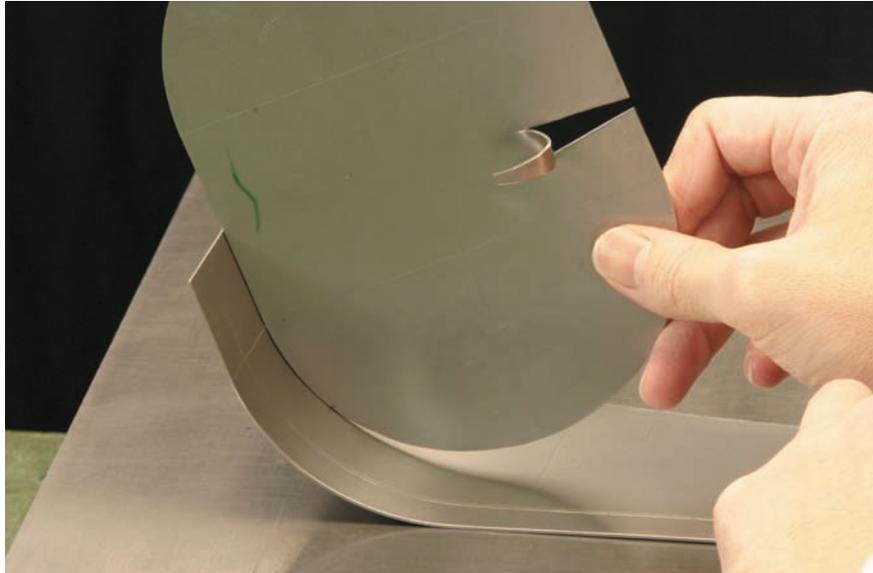


図9 - 31 楕円筒の曲げ(その2)

図9 - 32は、楕円筒の溶接部のある平面部から曲面加工が終わった状態の部品カットである。開放端側が曲げにくいので、最初に両側を加工してしまう。

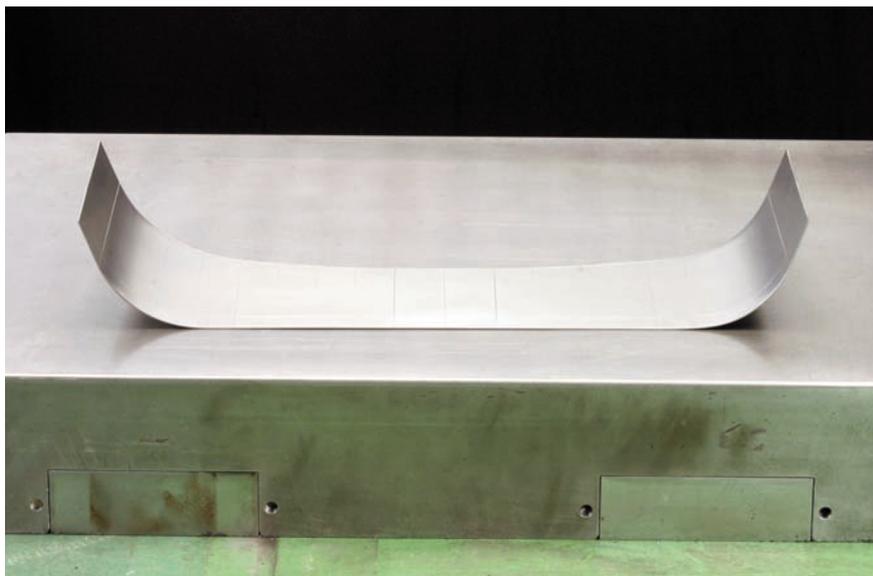


図9 - 32 楕円筒加工途中の部品カット

図9 - 33は、楕円筒の内側の曲面の加工をおこなっているところである。開放端側に比較すると加工はしやすいが、平面部分からの加工開始位置を正確に確保する点には十分注意する。



図9 - 33 楕円筒の曲げ（その3）

図9 - 34は、楕円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。加工が正確なために、定盤上に端面をおくと接合面に隙間や重なりが生じていないことが分かる。



図9 - 34 楕円筒の仮付け溶接

図9 - 35は、楕円筒の仮付け溶接をおこなった後に、ならしをおこなっているところである。今回の課題では、溶接部が平面であったためにならし作業は比較的簡単であった。



図9 - 35 楕円筒の仮付け溶接部のならし

図9 - 36は、楕円筒の本溶接をおこなっているところである。ここでも、溶接のポイントはスピードと溶接棒をできるだけ消費しないことである。



図9 - 36 楕円筒の本溶接

図9 - 37は、楕円筒の修正を、心金と木ハンマを使っておこなっているところである。この時、楕円筒を定盤上において、垂直が出ているかどうかの確認をしながら修正している。



図9 - 37 楕円筒の修正

図9 - 38は、つばだし（フランジ）加工を、こまのつめと板金ハンマを使って始めたところである。のびし加工をしながら、のびた量だけ倒しているが、フランジの開始位置は、この後のならしによる変形分を考慮して調節している。



図9 - 38 つばだし（フランジ）加工（その1）

図9 - 39は、フランジの加工で、のばしが不要な直線部分を、定盤の角を利用して倒しているところである。定盤の角を利用するのは、フランジの曲げ角がだれてしまわないようにするためである。



図9 - 39 つばだし（フランジ）加工（その2）

図9 - 40は、フランジ加工で、内輪郭ゲージを使って形状の確認をおこなっているところである。フランジの加工においてのばした量と倒す量のバランスが崩れると変形するので、ひずみが生じている位置とR開始位置をチェックする。

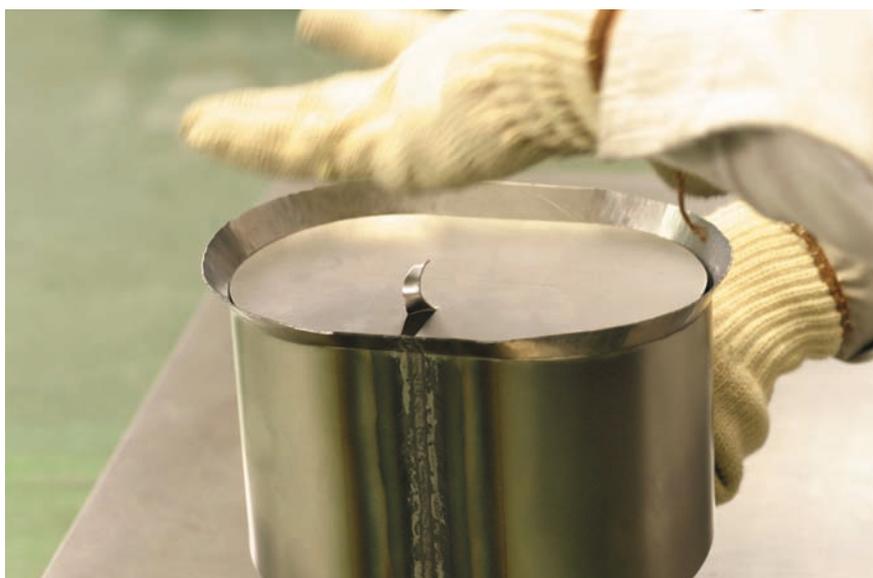


図9 - 40 つばだし（フランジ）加工（その3）

図9 - 41は、ほぼ直角までフランジの加工が進んだところである。このあとはならし作業で形状の最終調整をおこなう。



図9 - 41 つばだし（フランジ）加工（その4）

図9 - 42は、フランジのならしをおこなっているところである。この時にフランジの開始位置を最終位置まで追い込み、かつのばし加工で生じたキズを取って表面を滑らかに仕上げる。



図9 - 42 フランジのならし

図9 - 43は、フランジの余肉部分を切り落とすためにけがきをしているところである。フランジののばし加工で1～2ミリ程度のびるため、事前に調整してから加工する、加工が終了した段階で最終寸法に調整する。



図9 - 43 フランジ余肉のけがき

図9 - 44は、フランジの余肉を切断しているところである。金切りばさみを使って切り過ぎないように切断した後、やすりでエッジ処理と寸法の最終修正をおこなう。



図9 - 44 フランジの余肉切断

図9 - 45は、楕円筒の加工終了後の部品カットである。フランジ面がならし加工により非常に滑らかな表面に仕上げられていることが分かる。

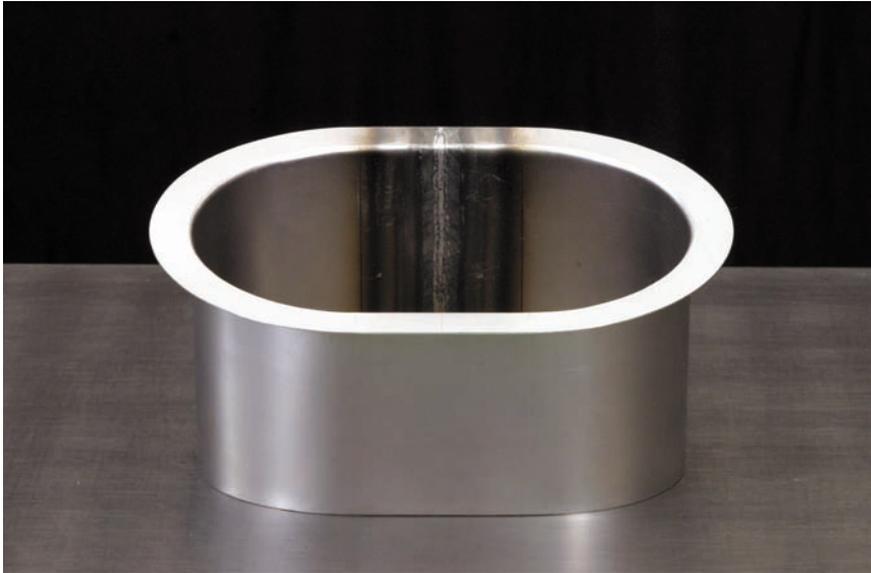


図9 - 45 楕円筒の部品カット

図9 - 46は、ワイヤリングに使う丸棒の曲げ加工を始めるところである。必要な長さに切断した丸棒の真ん中20～25%程度の部分を、赤色になるまで十分に加熱する。

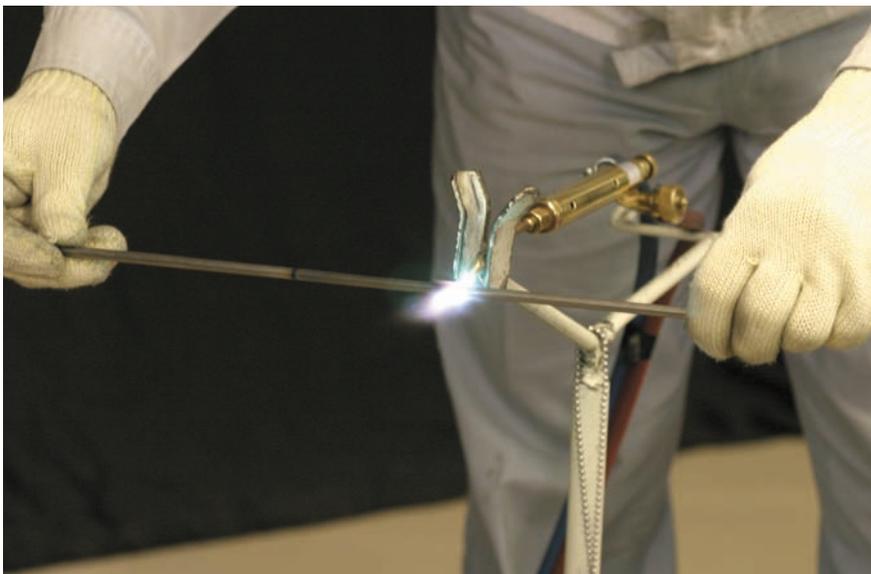


図9 - 46 ワイヤリング用丸棒の曲げ（その1）

図9 - 47は、バイスに固定した内輪郭ゲージに沿って、赤色した丸棒部分を必要なR形状に曲げているところである。この後、内輪郭ゲージと丸棒を合わせたままバイスに固定しなおす。



図9 - 47 ワイヤリング用丸棒の曲げ（その2）

図9 - 48は、バイスに内輪郭ゲージと一緒に固定した丸棒の次の部分を加熱し、赤色したところで曲げているところである。曲げが終了した部分は、クリップを使って固定していく。



図9 - 48 ワイヤリング用丸棒の曲げ（その3）

図9 - 49は、丸棒の片方の端を加工するために、バーナで加熱しているところである。こうした加熱により、内輪郭ゲージには焼き痕がついてしまう。



図9 - 49 ワイヤリング用丸棒の曲げ（その4）

図9 - 50は、バーナで加熱した丸棒の片方の端を、木ハンマを使って加工しているところである。端部は曲がりにくいため、手でなく木ハンマなどを使って、内輪郭ゲージの形状に合うように加工する。



図9 - 50 ワイヤリング用丸棒の曲げ（その5）

図9 - 51は、加工が終了した丸棒の部品カットである。手前にある切断面は溶接されておらず、ワイヤリングの際にこの部分を広げることで直径を大きくしてはめやすくすることができる。



図9 - 51 丸棒部品カット

図9 - 52は、円筒の曲げにおいて、端部のR形状を木ハンマで加工しているところである。円筒の場合には、端部もR形状となるため、この部分を正確に加工できるかどうか、加工精度を大きく左右するポイントである。



図9 - 52 円筒の曲げ（その1）

図9 - 53は、円筒の両端部のR形状の加工が終了した状態の、部品カットである。加工が難しい両端をまず加工し、最後に真ん中の部分を加工する手順をとっている。

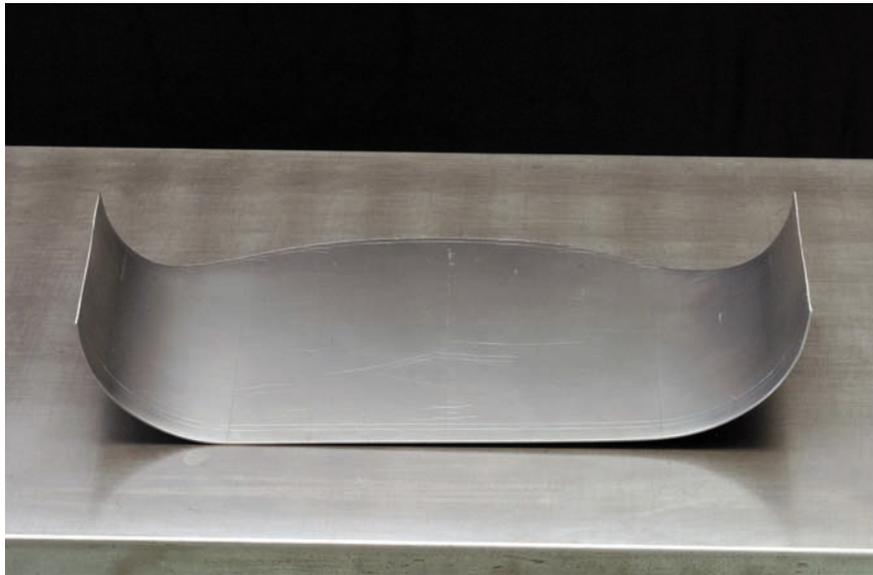


図9 - 53 円筒の曲げ途中の部品カット

図9 - 54は、円筒の真ん中部分の曲げ加工を、心金を使っておこなっているところである。この時の形状チェックは、内輪郭ゲージ（円形）を使っておこなっている。



図9 - 54 円筒の曲げ（その2）

図9 - 55は、円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。この時、溶接部もR形状となっているため、この後のならし作業での変形を抑えるためにも、できるだけビードを少なくするように溶接することが重要である。



図9 - 55 円筒の仮付け溶接

図9 - 56は円筒の本溶接後に、形状の修正をおこなっているところである。溶接部分でひずみが生じやすいため、ならしと合わせて修正作業をおこなう。



図9 - 56 円筒の形状修正

図9 - 57は、ワイヤリングの最初にのばしをおこなっているところである。円筒の内径が小さくて最初は内側からハンマで叩けないために、外側から叩いてのばしをおこなっている。



図9 - 57 ワイヤリングののばし(その1)

図9 - 58は、ワイヤリングののばしがすすみ、ほぼ直角になったところである。曲げる部分はR 4の形状になっており、この段階ではこの形状を正確に出しておく必要がある。



図9 - 58 ワイヤリングののばし(その2)

図9 - 59は、ワイヤリング加工において、のぼしが終わって絞りに入ったところである。加工効率が悪くなるので、のぼしによりほぼ直角になった段階で、反対の絞り加工を始める。



図9 - 59 ワイヤリングの絞り（その1）

図9 - 60は、180度まで曲げた段階の部品カットである。定盤上に置かれたワイヤリング部端面の平面度が正確に出ていることが分かる。

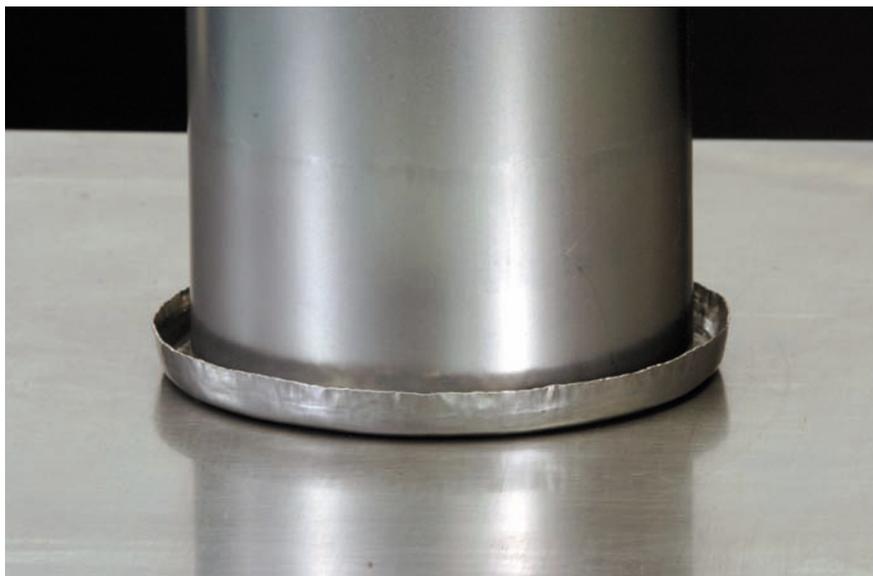


図9 - 60 ワイヤリング途中段階の部品カット

図9 - 61は、巻き込む部分として必要な寸法をけがきしているところである。のぼしと絞りを連続しておこなうために、加工寸法の変化が事前に予測しにくい、加工効率を考えると、できるだけ余肉量を少なくしたい。



図9 - 61 ワイヤリングのけがき

図9 - 62は、けがき線に沿って、余肉を切り落としているところである。この時、円筒側にキズが生じないように金切りばさみの操作に注意する必要がある。



図9 - 62 ワイヤリングの余肉切断

図9 - 63は、丸棒のリングをはめ込んでいるところである。リングの直径は丁度の寸法となっているため、円筒に傷を付けずにはめるには、切れ目に物を挟みこんで広げるようにしておこなう。



図9 - 63 ワイヤリングの丸棒はめ込み

図9 - 64は、丸棒を巻き込む加工をおこなっているところである。まず円周上の何箇所かを先に絞ってガイド部を設けるようにすると、加工がしやすくなる。



図9 - 64 ワイヤリングの絞り（その2）

図9 - 65は、ワイヤリング部の外形寸法を、ノギスを使って確認しているところである。



図9 - 65 ワイヤリングの確認(その1)

図9 - 66は、ワイヤリング後の円筒の垂直度を、角度スケールを使って確認しているところである。



図9 - 66 ワイヤリングの確認(その2)

図9 - 67は、ワイヤリングが終了した後の、円筒の部品カットである。この段階で、長手方向の寸法には若干の余裕を持たせている。



図9 - 67 円筒の部品カット

図9 - 68は、中間体の、平面部分から曲面部分の加工開始位置のたがねをかけているところである。



図9 - 68 中間体のたがねかけ

図9 - 69は、中間体の曲げをおこなっているところである。この時、母線方向に沿って曲げをおこなう必要があり、母線方向を常に把握できていることが必要である。



図9 - 69 中間体の曲げ（その1）

図9 - 70は、中間体の形状を、内輪郭ゲージを使って確認しているところである。ただし、内輪郭ゲージは開放端の形状しか確認できないので、正確に母線に沿って曲げていないと、真ん中の部分の形状ははずんでしまう。



図9 - 70 中間体の曲げ（その2）

図9 - 71は、中間体の曲げ加工途中の部品カットである。複雑な形状の場合、半分曲げて形状を確認してから反対側の加工をおこなうと、ミスの防止につながる。(接合部が中心線に一致するかの確認ができる)



図9 - 71 中間体の加工途中の部品カット

図9 - 72は、中間体の曲げ加工がほぼ仕上がった状態である。複雑な複合形状の場合、曲げのきつい場所を先に加工し、曲げのゆるい場所を最後に加工する手順を取ると形状が出しやすくなる。



図9 - 72 中間体の曲げ(その3)

図9 - 73は、中間体の仮付け溶接をおこなっているところである。熱ひずみによる合わせ面の変形を抑えるために、先にまず両端を仮付けして確実に固定している。



図9 - 73 中間体の仮付け溶接

図9 - 74は、中間体の本溶接をおこなっているところである。今回の課題では、溶接棒をほとんど使わずに溶接をおこなうことができ、ビードの量を最少に抑えることができた。



図9 - 74 中間体の本溶接

図9 - 75は、中間体の本溶接後のならしをおこなっているところである。ならしと合わせて形状の修正をおこなうが、そのまま、この後のベースと組み付けの準備作業に入る。



図9 - 75 本溶接後のならし

図9 - 76は、ベースと中間体の組み付けのために、接合面の形状合わせをおこなっているところである。ベースと中間体のセンターをマーキングして、この位置を基準として合わせ作業をおこなう。



図9 - 76 ベースと中間体の接合面確認

図9 - 77は、ベースと中間体の合わせ面の形状を修正した後、粘着テープで仮に固定し、中間体上面の高さを確認しているところである。溶接により中間体が傾くことが予想されるため、その分を折り込んで仮組みする。



図9 - 77 ベースと中間体の組み付け寸法確認

図9 - 78は、ベースと中間体を仮組みした状態の部品カットである。図の左側のベース垂直面の箇所が、一番ひずみが出やすいため、極めて正確に仮組みする必要がある。

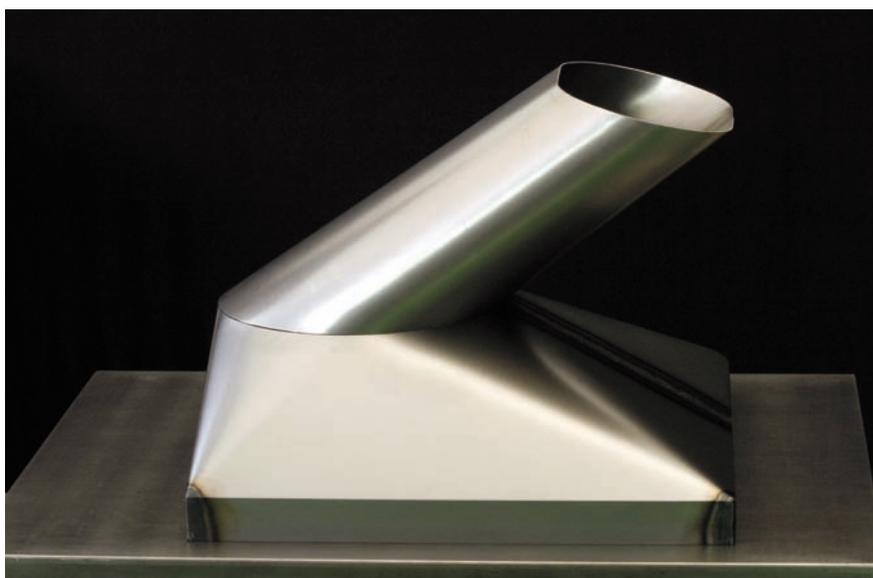


図9 - 78 ベースと中間体の仮組み時の部品カット

図9 - 79は、ベースと中間体の接合面の断続溶接する位置を、けがいているところである。ひずみに影響が出るため、溶接位置と溶接長さを正確にけがく必要がある。

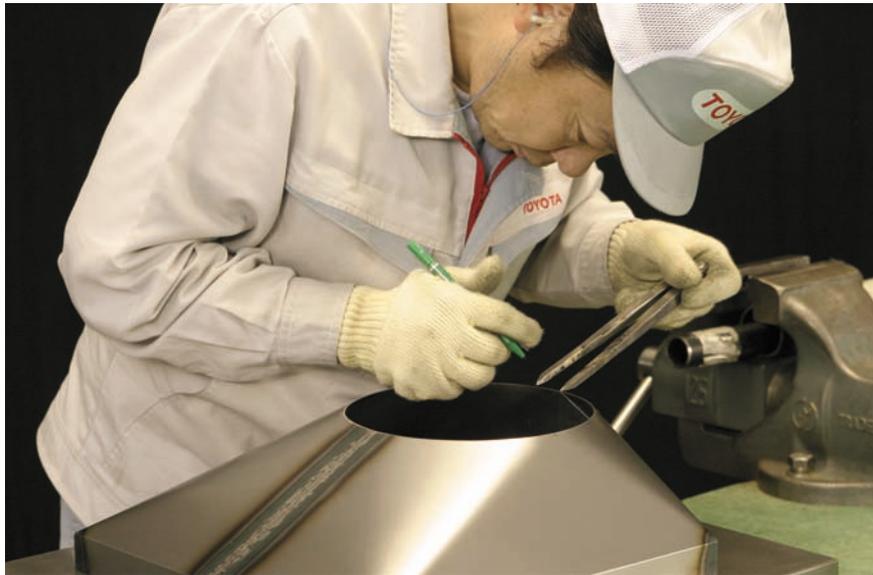


図9 - 79 ベースと中間体の溶接位置のけがき

図9 - 80は、ベースと中間体の組み付けにおいて、仮付け溶接をおこなっているところである。接合面のなす角度が鋭角から鈍角まで変化しており、角度に応じて炎の調整が必要である。(詳細は第10章参照のこと)



図9 - 80 ベースと中間体の仮付け溶接

図9 - 81は、ベースと中間体の本溶接をおこなっているところである。図の溶接面内側の鋭角になっている箇所は、熱が伝わりにくいので炎を大きくしている。



図9 - 81 ベースと中間体の本溶接

図9 - 82は、ベースと中間体の本溶接後の寸法確認を、中間体上部でおこなっているところである。今回の課題では、溶接前に想定したよりも倒れこみ量が少なかった。（詳細な考察は第10章参照のこと）



図9 - 82 ベースと中間体本溶接後の寸法確認

図9 - 83は、ベースと中間体の本溶接後に形状の修正（開口部の形状の補正）をおこなっているところである。

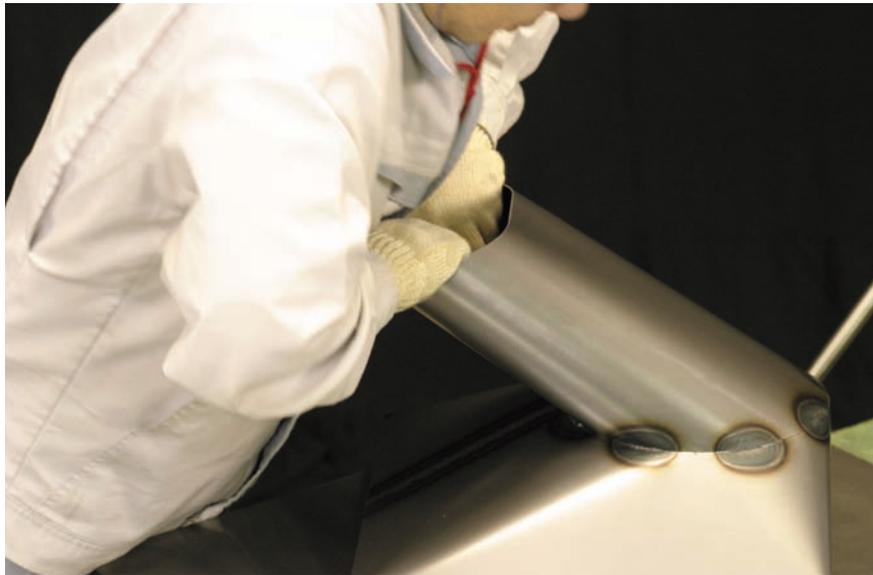


図9 - 83 ベースと中間体本溶接後の形状修正

図9 - 84は、ベースと中間体を組み付けた後の部品カットである。中間体の上面の高度は若干想定位置からずれたが、ベース垂直面の形状は正確に保たれている。

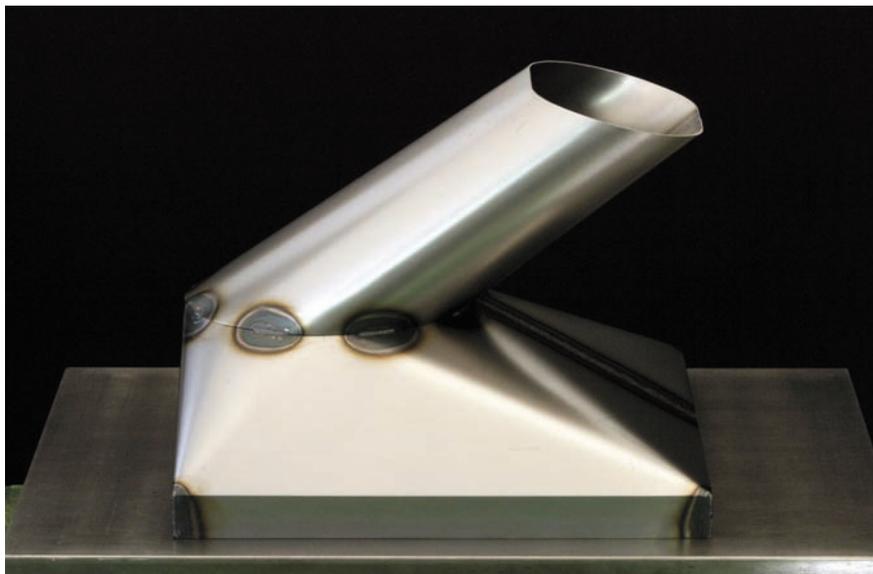


図9 - 84 ベースと中間体組み付け後の部品カット

図9 - 85は、中間体と楕円筒の組み付けに際して、中間体上面の高さ寸法を確認しているところである。この実測値に合わせて、楕円筒の接合面までの寸法を調整する。



図9 - 85 中間体と楕円筒の組み付け位置確認（その1）

図9 - 86は、先の中間体の現況に合わせて、楕円筒の接合面までの長さを調節し、けがいているところである。この時、溶接時の倒れこみ量も考慮する必要がある。



図9 - 86 楕円筒のけがき

図9 - 87は、中間体と楕円筒を仮組みして、上面のフランジ部分の高さを確認しているところである。溶接後の倒れこみを想定しているため、この面はこの状態では水平になっていない。



図9 - 87 中間体と楕円筒の組み付け位置確認（その2）

図9 - 88は、中間体と楕円筒を、粘着テープにより仮組みした状態の部品カットである。

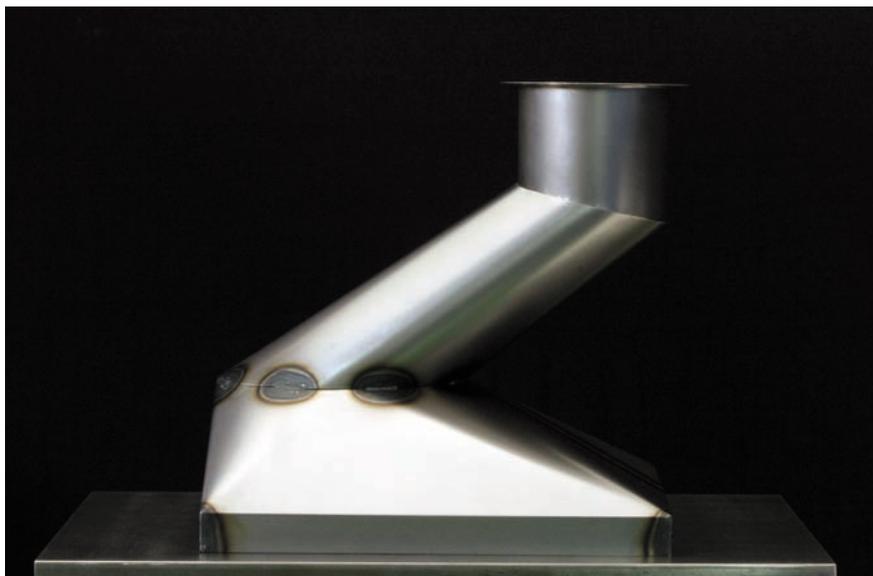


図9 - 88 中間体と楕円筒の仮組み時の部品カット

図9 - 89は、中間体と楕円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。この時ずれが生じないように、手で押さえながら溶接することが望ましい。



図9 - 89 中間体と楕円筒の仮付け溶接

図9 - 90は、中間体と楕円筒の本溶接をおこなっているところである。溶接によるひずみを考慮して一気に一周を溶接するのではなく、何回かに分けておこなう。(詳細は第10章参照のこと)



図9 - 90 中間体と楕円筒の本溶接

図9 - 91は、中間体と楕円筒の溶接後の寸法確認を、フランジ面の高さ寸法で確認しているところである。



図9 - 91 溶接後の寸法確認

図9 - 92は、溶接後の形状修正（フランジ面の傾きの修正）を、心金を使っておこなっているところである。



図9 - 92 溶接後の形状修正

図9 - 93は、中間体と楕円筒を組み付けた後の、部品カットである。

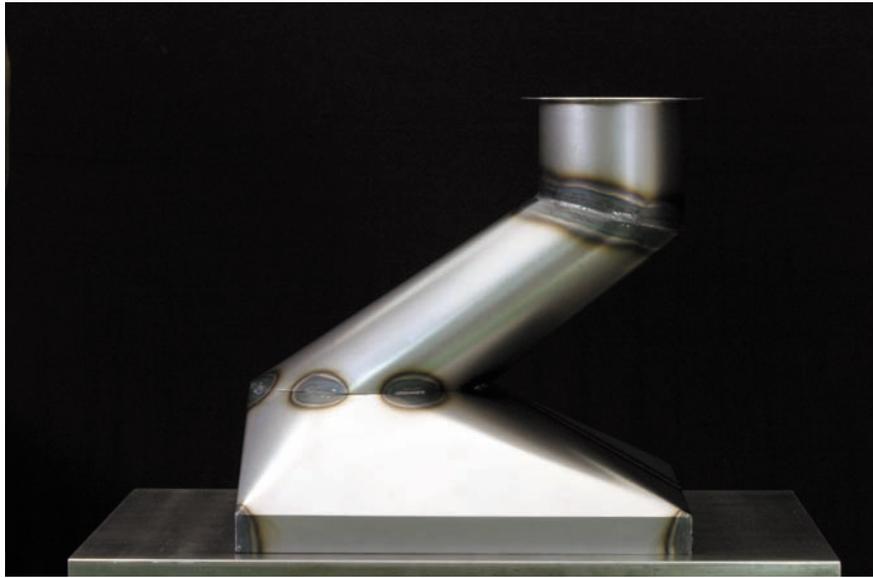


図9 - 93 中間体と楕円筒組み付け後の部品カット

図9 - 94は、中間体と円筒の組み付けに際して、中間体に円筒を組み付ける位置を
けがいているところである。



図9 - 94 中間体のけがき

図9 - 95は、中間体に円筒を乗せて、接合面の形状をまず確認しているところである。円筒の長手方向には余肉が含まれているが、まず接合面の形状を修正する。なお、展開が正確であればこの修正は少なくて済む。



図9 - 95 中間体と円筒の接合面の確認・修正

図9 - 96は、中間体と円筒の組み付けで、円筒の長手方向に持たせていた全部で10ミリの余肉から、5ミリ分をまず切り落としていくところである。余肉分を一気に切り落とすのではなく、形状と寸法を確認しながら何度かに分けて落としていく。



図9 - 96 円筒の余肉切断

図9 - 97は、中間体と円筒を仮組みして、円筒上部の高さ寸法を確認しているところである。この時、正確に平行度が出ていれば、次の余肉切断は一定の幅でおこなえば良くなる。



図9 - 97 中間体と円筒の組み付け高さ確認

図9 - 98は、再度余肉を切断するために、円筒に切断線をけがきしているところである。この段階で、さらに2.5ミリの余肉を切り落とした。



図9 - 98 円筒のけがき

図9 - 99は、円筒の位置を、ベース垂直面からの距離で確認しているところである。この時、基準となるベース垂直面にひずみが生じていると、正確な測定ができず、全体の精度が出なくなる。



図9 - 99 円筒の位置確認

図9 - 100は、円筒の接合面にやすりをかけているところである。余肉の最後の調整をおこなうと同時に、中間体の曲面に合わせて切り口を斜めに整形している。



図9 - 100 円筒溶接面の調整

図9 - 101は、中間体の穴あけ準備として、円筒の接合面の位置を油性ペンでマーキングしているところである。



図9 - 101 中間体と円筒の接合位置のマーキング

図9 - 102は、中間体の穴あけをおこなっているところである。中心部に最初の穴を開けた後、渦巻状に移動している。



図9 - 102 中間体の穴あけ（その1）

図9 - 103は、溶接であけた穴を、金切りばさみで正確な穴に仕上げているところである。



図9 - 103 中間体の穴あけ（その2）

図9 - 104は、中間体の穴あけによるひずみを修正しているところである。あけた穴からこまのつめを差し入れて、木ハンマでおこなっている。



図9 - 104 中間体の穴あけによるひずみ修正

図9 - 105は、中間体にあけた穴を、やすりを使って最終調整しているところである。



図9 - 105 中間体接合面の調整

図9 - 106は、穴あけが終了した状態の中間体の部品カットである。



図9 - 106 中間体穴あけ後の部品カット

図9 - 107は、中間体と円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。



図9 - 107 中間体と円筒の仮付け溶接

図9 - 108は、中間体と円筒の本溶接をおこなっているところである。



図9 - 108 中間体と円筒の本溶接

図9 - 109は、本溶接後に形状の修正（円筒の倒れこみ量の修正）をおこなっているとこである。



図9 - 109 本溶接後の修正

図9 - 110は、完成した課題の斜め横から見たカットである。ベースの底面と定盤との間に隙間がなく、円筒と楕円筒の上面の高さ、水平度などは誤差の範囲内に収まっている。

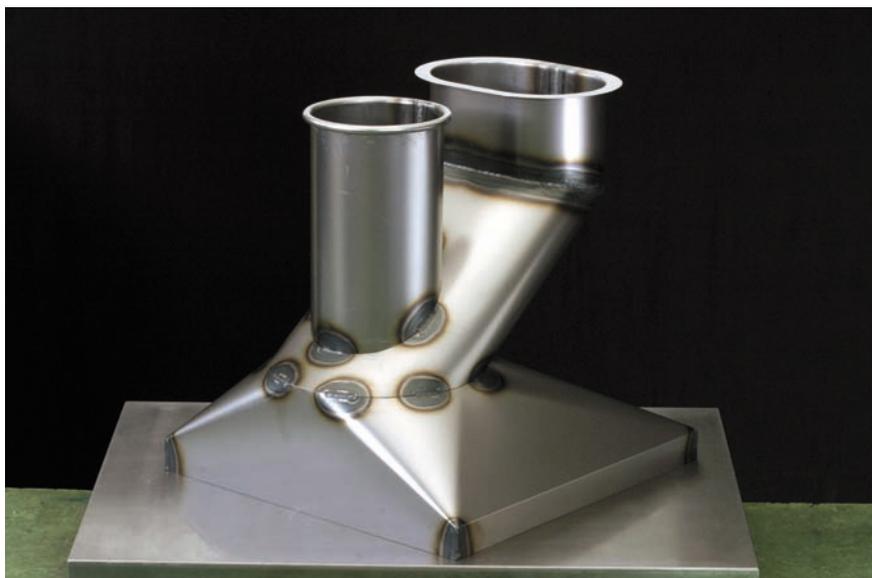


図9 - 110 完成した課題のカット

(2) 一般技能者

一般技能者の作業記録を表9 - 111に示す。高度熟練技能者と同様に、累計時間は加工開始からの加工分数の累計を、実時刻は実際の撮影時刻を表しており、加工途中で加工内容について技能者自身より解説してもらった部分は「(加工)ポイント」と表記し、この間は手を休めていたことから、加工途中で工作物の状態を撮影した時間「部品カット」と合わせて加工分数の対象外としている。

なお、加工時間と撮影時間の制約により、中間体を除いた部品のけがきと部品の切断、楕円筒の部品加工、ワイヤリングの丸棒の加工は、撮影前に用意してもらい、表9 - 111の作業記録の中には含まれていない。

同様に、撮影時の進行上の時間的な制約により、中間体と楕円筒の本溶接とその後のならしと形状修正の作業は、撮影工程とは別に実施せざるを得なくなり、撮影記録の対象には含まれていない。

表9 - 111一般技能者作業記録

工 程	加工分数	累計時間	実時刻	図表番号
中間体のけがき	69	01 : 09	09 : 06 ~	9 - 112
切断された部品カット			10 : 15 ~	
ベースのたがねがけ	10	01 : 19	10 : 54 ~	9 - 113
たがねがけのポイント			11 : 04 ~	
たがねがけ終了時の部品カット			11 : 07 ~	9 - 114
ベースの直線曲げ	8	01 : 27	11 : 27 ~	9 - 115
ベースの曲線曲げ	14	01 : 41	11 : 35 ~	9 - 116
ベースの曲げ終了時のポイント			11 : 49 ~	
ベース上部の仮付け	3	01 : 44	13 : 09 ~	9 - 117
ベース上部の仮付け部ならし	5	01 : 49	13 : 12 ~	
ベース上部の本溶接	9	01 : 58	13 : 17 ~	9 - 118
ベース上部の本溶接部ならし	6	02 : 04	13 : 26 ~	
ベースの修正と平面出し	12	02 : 16	13 : 32 ~	9 - 119
ベース四隅の仮付け	2	02 : 18	13 : 44 ~	9 - 120
ベース四隅の仮付け部ならし	4	02 : 22	13 : 46 ~	
ベース四隅の本溶接	3	02 : 25	13 : 50 ~	
ベース四隅の本溶接部ならし	4	02 : 29	13 : 53 ~	
溶接ならしのポイント			13 : 57 ~	
ベース四隅の本溶接部ならし	1	02 : 30	13 : 57 ~	
ベース中間体接合面の修正	9	02 : 39	13 : 58 ~	
ベース四隅接地面の修正	10	02 : 49	14 : 07 ~	
ベース曲面の修正と直線出し	9	02 : 58	14 : 17 ~	
ベースの部品カット			14 : 26 ~	9 - 121
中間体のかけたたがねがけ	2	03 : 00	14	

中間体の曲げ	7	03 : 07	14 : 39 ~	9 - 122
中間体の仮付け	2	03 : 09	14 : 46 ~	9 - 123
中間体の仮付け部ならし	0	03 : 09	14 : 48 ~	
中間体の仮付け	1	03 : 10	14 : 48 ~	
中間体の仮付け部ならし	0	03 : 10	14 : 49 ~	
中間体の仮付け	1	03 : 11	14 : 49 ~	
中間体の仮付け部ならし	1	03 : 12	14 : 50 ~	
中間体の本溶接	5	03 : 17	14 : 51 ~	9 - 124
中間体の本溶接部ならし	2	03 : 19	14 : 56 ~	
中間体の修正	7	03 : 26	14 : 58 ~	
中間体の部品カット			15 : 05 ~	9 - 125
円筒の曲げ	6	03 : 32	15 : 17 ~	9 - 126
円筒の仮付け	2	03 : 34	15 : 23 ~	9 - 127
円筒の仮付け部ならし	0	03 : 34	15 : 25 ~	
円筒の仮付け	1	03 : 35	15 : 25 ~	
円筒の本溶接	5	03 : 40	15 : 26 ~	9 - 128
円筒の本溶接部ならし	1	03 : 41	15 : 31 ~	
円筒の修正	5	03 : 46	15 : 32 ~	
円筒ワイヤリングの伸ばし	3	03 : 49	15 : 37 ~	9 - 129
円筒ワイヤリングの伸ばし	7	03 : 56	15 : 40 ~	9 - 130
円筒ワイヤリングの伸ばし	14	04 : 10	15 : 47 ~	9 - 131
円筒ワイヤリングの絞り	5	04 : 15	16 : 01 ~	
円筒ワイヤリングの絞り	1	04 : 16	16 : 06 ~	
円筒ワイヤリングの絞り	2	04 : 18	16 : 07 ~	9 - 132
円筒ワイヤリングの余肉けがき	1	04 : 19	16 : 09 ~	
円筒ワイヤリングの余肉切断	2	04 : 21	16 : 10 ~	
円筒ワイヤリングの巻き込み	15	04 : 36	16 : 12 ~	9 - 133
円筒の部品カット			16 : 27 ~	9 - 134
ベースと中間体の組み付け	19	04 : 55	16 : 47 ~	
組み付けのポイント			17 : 06 ~	
中間体の接合面修正	11	05 : 06	17 : 07 ~	9 - 135
寸法確認	0	05 : 06	17 : 18 ~	
中間体の接合面修正	5	05 : 11	17 : 18 ~	9 - 136
寸法確認	3	05 : 14	17 : 23 ~	
溶接位置取り	1	05 : 15	17 : 26 ~	
組み付けのポイント			17 : 27 ~	
ベースと中間体の仮付け	14	05 : 29	17 : 30 ~	9 - 137
仮付け後の修正	6	05 : 35	17 : 44 ~	9 - 138
ベースと中間体の本溶接	8	05 : 43	17 : 50 ~	
本溶接後の寸法確認	1	05 : 44	17 : 58 ~	
組み付けのポイント			17 : 59 ~	
ベースと中間体の部品カット			18 : 06 ~	9 - 139
中間体と円筒の組み付けけがき	5	05 : 49	18 : 13 ~	9 - 140

円筒の接合面修正	18	06 : 07	18 : 18 ~	
楕円筒の修正	1	06 : 08	18 : 36 ~	
中間体の穴あけ	7	06 : 15	18 : 37 ~	9 - 141
楕円筒と中間体の修正	19	06 : 34	18 : 44 ~	9 - 142
寸法確認	3	06 : 37	19 : 03 ~	9 - 143
楕円筒のけがき	6	06 : 43	19 : 06 ~	9 - 144
楕円筒の修正	18	07 : 01	19 : 12 ~	
中間体と楕円筒の仮付け	4	07 : 05	19 : 30 ~	9 - 145
中間体と楕円筒の仮付け部ならし	20	07 : 25	19 : 34 ~	
初日作業終了			19 : 54	
円筒の修正	3	07 : 28	17 : 06 ~	9 - 146
中間体の修正	4	07 : 32	17 : 09 ~	
円筒の修正	1	07 : 33	17 : 13 ~	
溶接位置取り	1	07 : 34	17 : 14 ~	
組み付けのポイント			17 : 15 ~	
円筒の修正	5	07 : 39	17 : 15 ~	
円筒と中間体の仮付け	6	07 : 45	17 : 20 ~	9 - 147
円筒と中間体の仮付け修正	4	07 : 49	17 : 26 ~	9 - 148
仮付け後の寸法確認	2	07 : 51	17 : 30 ~	
円筒と中間体の本溶接	5	07 : 56	17 : 32 ~	
本溶接後の寸法確認	2	07 : 58	17 : 37 ~	9 - 149
組み付けのポイント			17 : 39 ~	
寸法確認と修正	18	08 : 16	17 : 40 ~	9 - 150
完成品の部品カット			17 : 58 ~	9 - 151

図9 - 112は、中間体のけがきをおこなっているところである。



図9 - 112 中間体のけがき

図9 - 113は、ベースの直線曲げの部分にたがねをかけているところである。高度熟練技能者はたがねを横向きに使ったが、一般技能者はたがねを縦向きに使っている。



図9 - 113 ベースのたがねかけ

図9 - 114は、ベースのたがねかけが終了した時の部品カットである。一般技能者は、たがねかけの溝深さを確認するための試し曲げをしていないので、真平らな状態となっている。

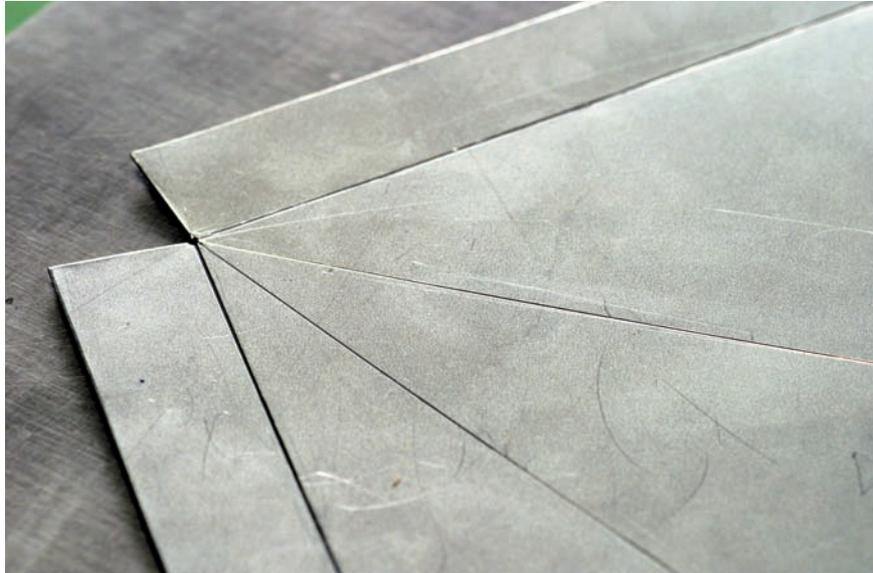


図9 - 114 たがねかけ終了後の部品カット

図9 - 115は、ベースの直線曲げを定盤上で拍子木を使っておこなっているところである。高度熟練技能者は角度スケールを使ってたがねの深さ（かかり具合）を確認しながら加工したが、一般技能者は外輪郭ゲージを使って、一気に加工している。

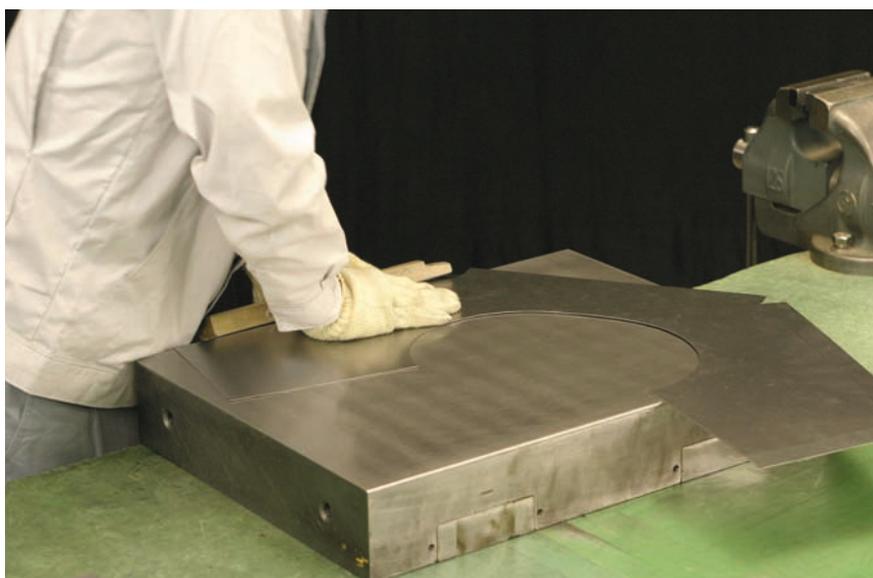


図9 - 115 ベースの直線曲げ

図9 - 116は、かたな刃を使ってベースの曲面の曲げをおこなっているところである。高度熟練技能者と比較すると、工作物を保持している手の幅が若干狭いように感じられる。



図9 - 116 ベースの曲線曲げ

図9 - 117は、ベースの仮付け溶接をおこなっているところである。付け合せ部をすでに曲げているので、平面の溶接とした高度熟練技能者よりも位置合わせに手間がかかっている。

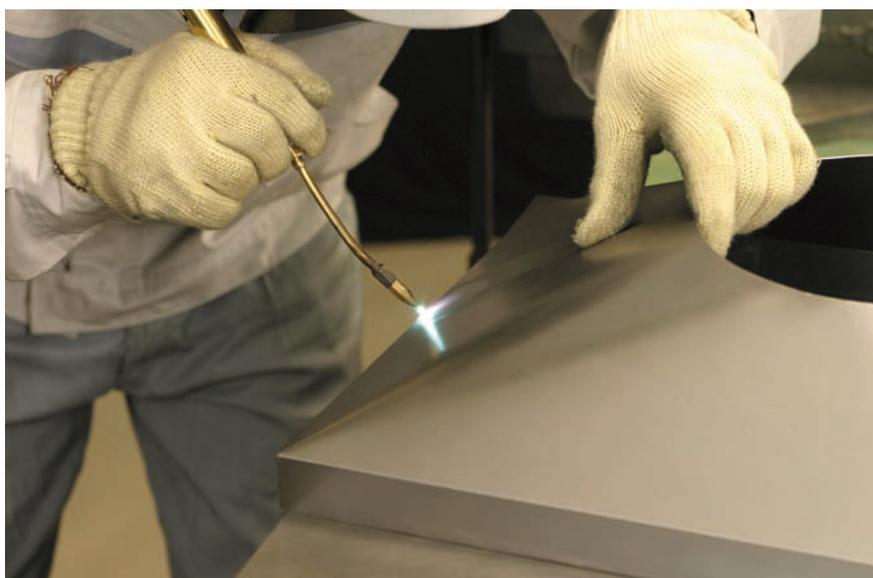


図9 - 117 ベースの仮付け溶接

図9 - 118は、ベースの本溶接をおこなっているところである。溶接後のならし作業においても、溶接部がすでに曲げてあるので、高度熟練技能者よりもやりにくそうであった。



図9 - 118 ベースの本溶接

図9 - 119は、本溶接後にベースの平面部分のひずみを、スケールを使って確認しているところである。



図9 - 119 ベースの修正と平面出し

図9 - 120は、ベース四隅の溶接（図は仮付け溶接時）をおこなっているところである。なお、一般技能者は、割れ止め溶接をおこなっていない。



図9 - 120 ベース四隅の溶接

図9 - 121は、ベースの部品カットである。平面部と曲面との境目の加工開始線がやや甘くなっており、垂直な側面部も若干のふくらみが残ってしまった。

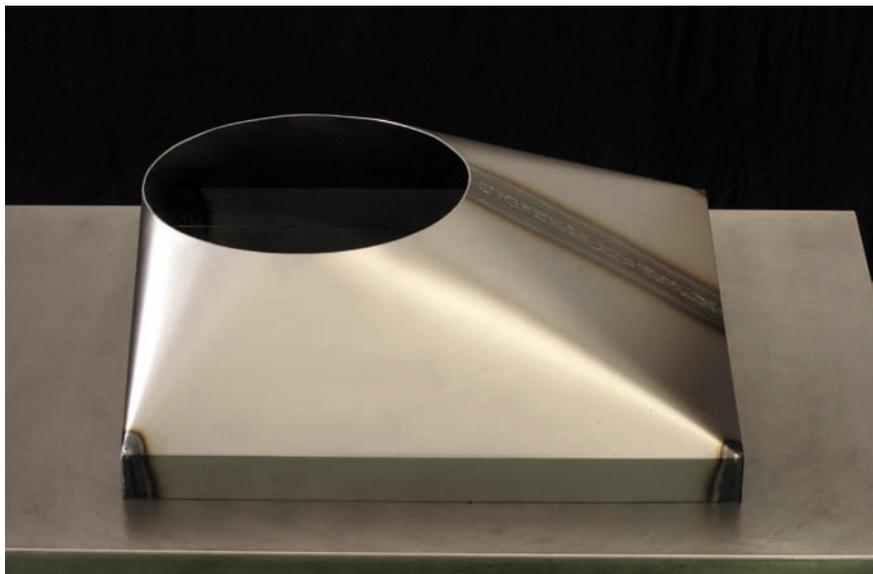


図9 - 121 ベースの部品カット

図9 - 122は、中間体の曲げをおこなっているところである。高度熟練技能者は、中間体の部品加工とその後のベースとの組み付けを連続しておこなったが、一般技能者はまず部品として加工する手順を取っている。



図9 - 122 中間体の曲げ

図9 - 123は、中間体の仮付け溶接をおこなっているところである。高度熟練技能者は仮付け溶接しながら適宜ならしをおこなったが、一般技能者はすべて仮付け溶接してからならしをおこなった。

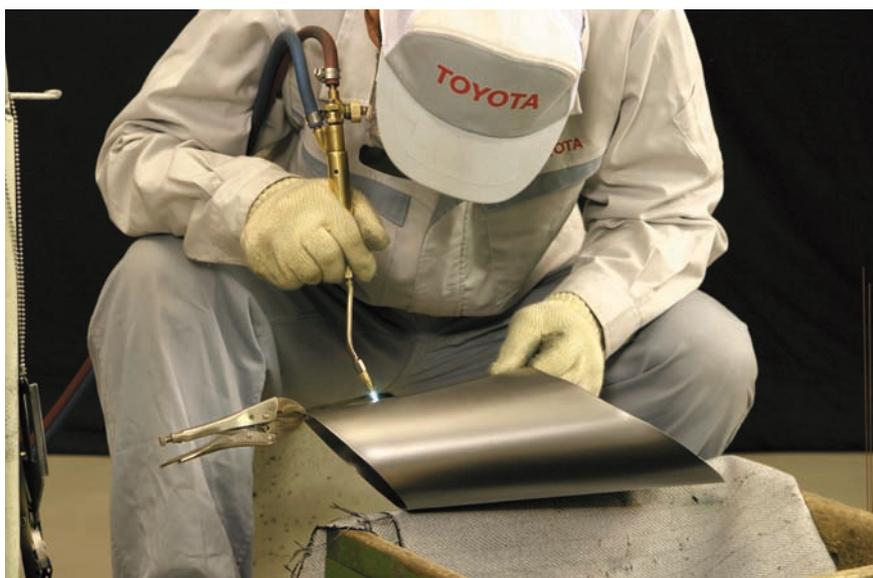


図9 - 123 中間体の仮付け溶接

図9 - 124は、中間体の本溶接後に、水をかけて冷却しているところである。競技会等では少しでも時間を稼ぐために水をかけて冷却するが、表面の酸化防止という観点では自然冷却の方が望ましい。



図9 - 124 中間体の本溶接

図9 - 125は、中間体の加工が終わった時の部品カットである。この段階では輪郭ゲージによる形状確認は済んでいるが、ベースと接合面を付け合せての確認はおこなっていない。



図9 - 125 中間体の部品カット

図9 - 126は、心金を使って、円筒の曲げ加工をおこなっているところである。開放端側を最初に両側とも加工するという手順は、高度熟練技能者と同じであった。



図9 - 126 円筒の曲げ

図9 - 127は、円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。クランプと手で溶接面の突合せを固定しながら作業をおこなっている。



図9 - 127 円筒の仮付け溶接

図9 - 128は、円筒の本溶接をおこなっているところである。



図9 - 128 円筒の本溶接

図9 - 129は、ワイヤリングののばし加工を始めたところである。円筒の直径が小さくて最初はハンマが内側から叩けないため、まず外側から叩くという手順は、高度熟練技能者と同じである。



図9 - 129 ワイヤリングののばし

図9 - 130は、加工中にのばす量（端面からの幅）を確認できるように、こまのつめに油性ペンで参考線を引いているところである。今回の課題で実際に参考線を引かれたこまのつめの様子を、図9 - 131に示す。



図9 - 130 参考線の準備



図9 - 131 参考線を引かれたこまのつめ

図9 - 132は、ワイヤリングの絞りをおこなっているところである。高度熟練技能者は、ワイヤリング部の頂点の見える範囲だけならしをおこなったが、一般技能者はならしをおこなわなかった。



図9 - 132 ワイヤリングの絞り

図9 - 133は、ワイヤリングを円筒にはめ込むために、丸棒の切れ目に木ハンマの柄を挟み込んで広げているところである。



図9 - 133 ワイヤリングのはめ込み準備

図9 - 134は、ワイヤリングが終わった段階の円筒の部品カットである。



図9 - 134 円筒の部品カット

図9 - 135は、ベースと中間体の組み付け作業において、接合面の確認後中間体の形状を修正しているところである。金切ばさみを使って修正しているが、円錐形状では開放端の直径が変わってしまうため、部品をカットする修正は避けたいところである。



図9 - 135 中間体の寸法調整

図9 - 136は、心金を使って、中間体の修正をおこなっているところである。この段階での修正にかなりの時間を要した。



図9 - 136 中間体の修正

図9 - 137は、ベースと中間体の仮付け溶接をおこなっているところである。仮付けする位置と順番は高度熟練技能者と同じであったが、溶接とならし及び修正作業を繰り返しおこなうといった手順は取っていなかった。



図9 - 137 ベースと中間体の仮付け溶接

図9 - 138は、仮付け溶接後の修正をおこなっているところである。板金ハンマを使って修正している。



図9 - 138 ベースと中間体の修正

図9 - 139は、ベースと中間体の組み付け後の部品カットである。溶接による焼け色の範囲が、高度熟練技能者に比較すると大きく、溶接の時間が長かったことが分かる。



図9 - 139 ベースと中間体の組み付け後の部品カット

図9 - 140は、中間体に円筒を接合する位置を、油性ペンを使ってけがきをしているところである。楕円筒の組み付け前におこなっているため、楕円筒の組み付け時に発生するひずみはこの手順では吸収できない。



図9 - 140 円筒接合位置のけがき

図9 - 141は、中間体の穴あけをおこなっているところである。高度熟練技能者は熱変形を可能な限り避けるために最初の穴を真ん中に開けたが、一般技能者は最初から円周状に穴あけをおこなった。

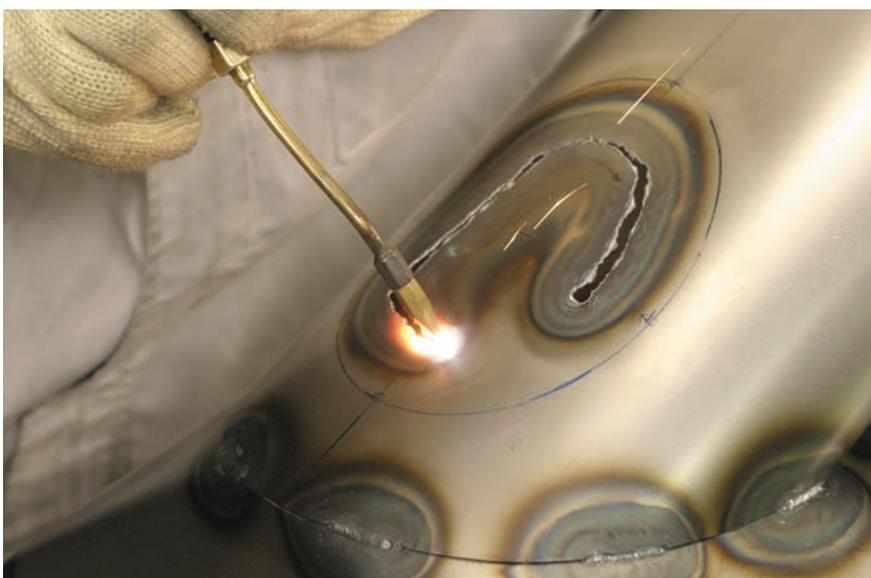


図9 - 141 中間体の穴あけ

図9 - 142は、穴あけ後に中間体の修正をおこなっているところである。高度熟練技能者は手持ちのこまのつめを使ったが、一般技能者は心金を使っており、この工具の差が両者の手順の差につながったものと考えられる。



図9 - 142 穴あけ後の中間体の修正

図9 - 143は、中間体と楕円筒の組み付けをおこなっているところである。中間体に穴をあけたが、円筒はまだ組み付けていない。



図9 - 143 中間体と楕円筒の組み付け

図9 - 144は、楕円筒長手方向の余肉を切り落とすために、楕円筒を定盤上に置いて、トースカンでけがいているところである。接合面が平面でない場合（今回の課題の円筒の接合面）や、相手に合わせて接合面の形状を修正しているような場合にはこの方法は使えず、コンパスを使ってけがきをする。



図9 - 144 楕円筒のけがき

図9 - 145は、中間体と楕円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。



図9 - 145 中間体と楕円筒の仮付け溶接

図9 - 146は、楕円筒の本溶接後に、中間体と円筒の組み付けをおこなっているところである。長手方向の余肉の調整は済んでいるので、この後の修正は接合面のヤスリがけのみおこなった。



図9 - 146 中間体と円筒の組み付け

図9 - 147は、中間体と円筒の仮付け溶接をおこなっているところである。今回は仮付け溶接をしながら計測と修正を適宜おこなっている。

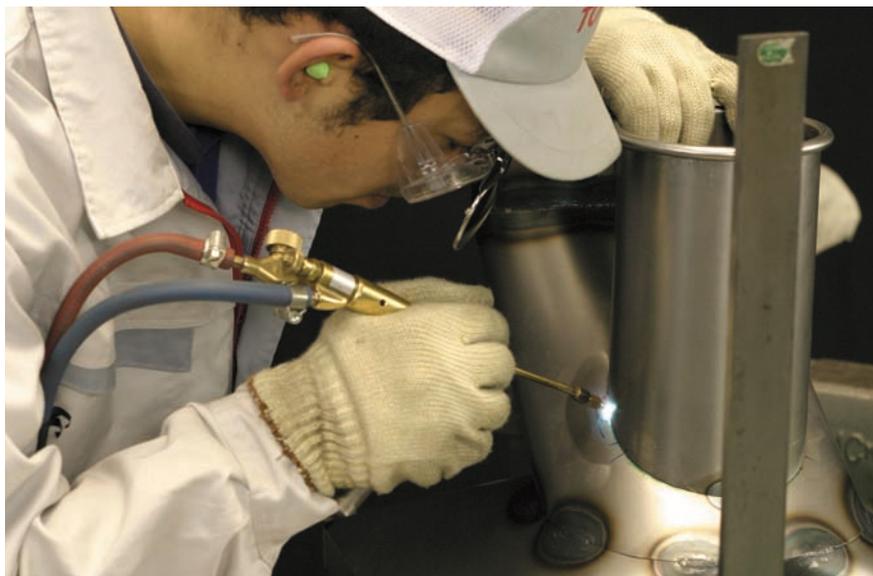


図9 - 147 中間体と円筒の仮付け溶接

図9 - 148は、仮付け溶接の途中で、形状の修正をおこなっているところである。輪郭ゲージを使って、接合面の部分に合わせて木ハンマで叩いて修正を加えている。



図9 - 148 仮付け溶接途中の形状修正

図9 - 149は、ベースと円筒の本溶接終了後に、ワイヤリング部とフランジの面の高さと平行度を、定盤上で確認しているところである。



図9 - 149 高さ方向の寸法確認

図9 - 150は、木ハンマを使って楕円筒の傾きなどの調整を最後におこなっているところである。



図9 - 150 最終修正

図9 - 151は、完成した課題のカットである。



図9 - 151 完成品のカット

(3) アイカメラ

高度熟練技能者、一般技能者の両名に対し、アイカメラを装着した状態でテストピースを使ったたがねかけと円錐状の曲げ加工をおこなってもらった。



図9 - 152 たがねがけ（テストピース使用）

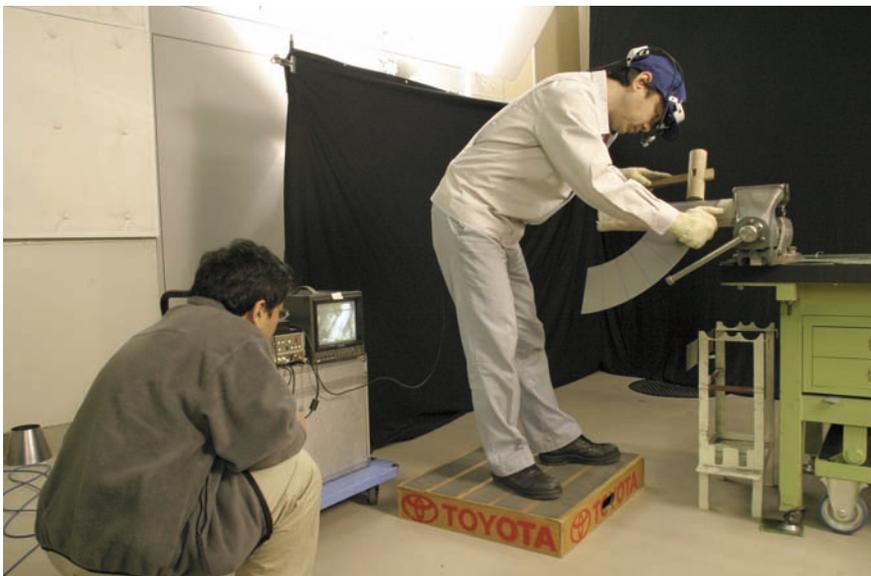


図9 - 153 曲げ加工（テストピース使用）



図9 - 154 曲げ加工（手元アップ）

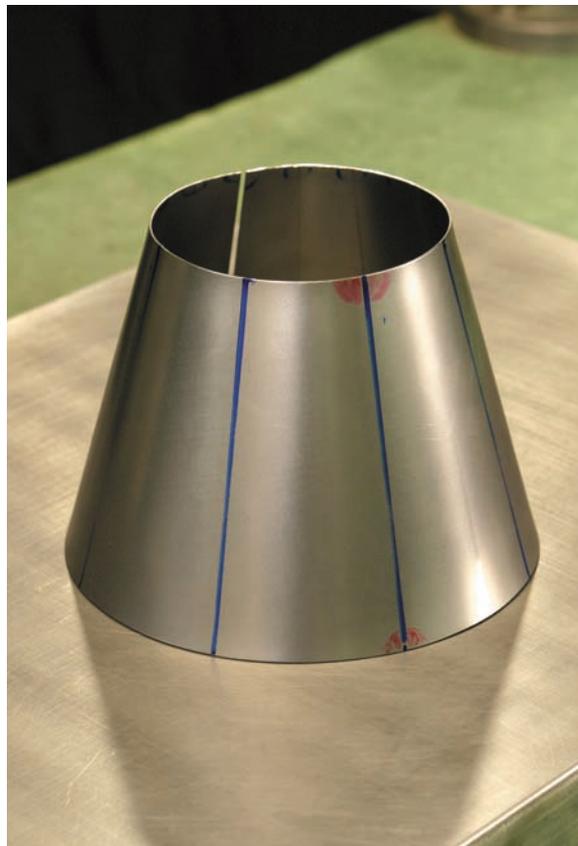


図9 - 155 曲げ加工のテストピース（加工後）

3. 事後ヒアリング調査結果

(1) 高度熟練技能者

高度熟練技能者に対する事後ヒアリングとして、曲げ板金全体の勘所、技能習得のコツと、訓練コース用に作成したビデオ内容の妥当性についてヒアリングをおこなった。

曲げ板金全体の勘所は、「曲げ板金では展開で決まってしまう部分が多く、従って、図面がしっかり読めて、対象物が頭の中で立体図としてどう描けるか」である。

技能習得のコツは、以下のとおりである。

- a. 人のやっていることを良く（盗むように）見る
- b. 自分のやり方との違いを把握する
- c. 自分のやり方よりも良くできるのはどこが違うからかを考える
- d. 目の付け所が分かってくれば、ケースバイケースの動きを自分の知識や経験として蓄えられるようになる

訓練コース用に作成したビデオ内容の妥当性については、技能を3つに分解して解説する全体の構成とその各項目については評価いただいたが、幾つかの修正が望ましいとの指摘を受けた。主な項目は以下のとおりである。

- a. 用語の統一（慣用的に使っている用語などの整理）
- b. 加工拳動を説明するコンピュータグラフィックスの修正
- c. 映像の動きがより分かるようにナレーションの修正
- d. 組み付け作業についての説明を拡充

(2) 一般技能者

一般技能者に対する事後ヒアリングとして、課題製作で難しかった点と技能が伸びたと感じた契機などについてヒアリングをおこなった。

- a. ベースの立ち上がり部分が難しく、加工開始位置のたがねを強く叩いたために平面が膨らんでしまい、最後まで修正できなかった
- b. 中間体と楕円筒の接続も、展開の段階から難しかった
- c. 工程や溶接の失敗はなく主要な寸法は確保できたので、できはまずまず
- d. 自分が疑問に感じた時に教えてもらった時はのみこみが早く、やる気があって前向きの姿勢が技能向上につながると思う
- e. 実際に技能が伸びたと感じるのは、課題が上手に作れたときに多い