

# CO<sub>2</sub>半自動溶接の基礎的研究

機械金属室 比嘉真嗣  
長山純朗

## 1. ま え が き

CO<sub>2</sub>半自動溶接は、溶接のスピード化、高能率化により、生産コストが大幅に低減できることで脚光をあび、当県においてもその利用率が高まりつつある。また今年度より、溶接協会沖縄県支部においても本溶接に関する検定試験が行なわれるようになった。このような状況から、当場においても、今後CO<sub>2</sub>半自動溶接の県内普及を図ることと技術的ニーズに対応するためにCO<sub>2</sub>半自動溶接の基礎研究を行ったので報告する。今回は特に機器の取り扱い及び、9mm板の裏波溶接について種々の溶接条件が1層目ビードに与える影響について実験した。

## 2. 機 器 特 性

CO<sub>2</sub>半自動溶接の使用にあたって、まず、その機器の特性について調べた。なお使用機器は次のとおりである。

○使用機器——A社製CO<sub>2</sub>半自動溶接機

(容量——350A、電源特性——定電圧特性)

ワイヤー

(ソリッドワイヤー1.2φ軟鋼用)

### 2・1 インチングスピードの検定

溶接機が定電圧特性及びワイヤー定速供給方式であるので、そのワイヤーの供給速度を調べた。インチングスピードの目盛をかえて単位時間当りのワイヤー供給長さを測定すると図-1のとおりである。これからみると殆んど直線で供給スピードは安定しており、かつ、10目盛毎に約35mm/s  $\div$  0.3g/sの溶接棒量になっていることがわかる。

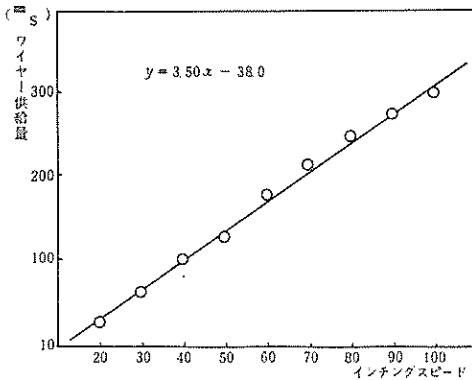


図1 ワイヤー供給量とインチングスピードの関係

### 2・2 適性電流範囲

使用機器は前述のとおり定電圧定速供給方式であり、溶接電流をワイヤーの供給スピードで変化させる方式である。そこで、設定電圧に対してどれだけの幅のある電流域をもつのか、電流の適性範囲を求めめるために、ある設定電圧において、ワイヤー供給速度を順次変化させプレート上に溶接ビードを盛り、そのビード形状、外観、アークの安定性、電流変動を測定した。写真1に実験装置を、また図-2に実験結果を示す。なお使用機器には電流計が付属していないので、縦軸に電流値のかわりにワイヤー供給目盛でもって表示し、横軸は電圧値で表示した。これからみるとある設定電圧値に対して、溶接可能で適当な幅をもつ電流域の存在することが確認された。またそれは高電圧域ほど大きな幅をもち、逆に低電圧になれば適性電流域が狭くなることがわかる。ところで図2は縦軸が電流値でなくワイヤー供給速度である。実際にワイヤー供

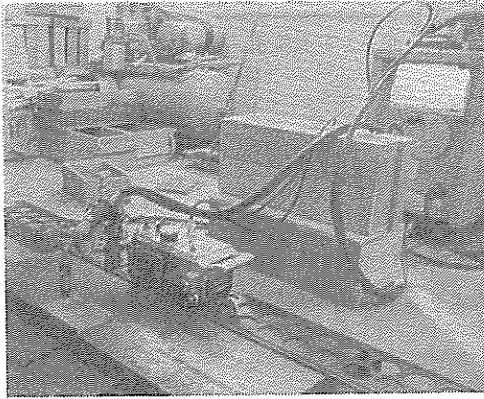


写真1 実験装置

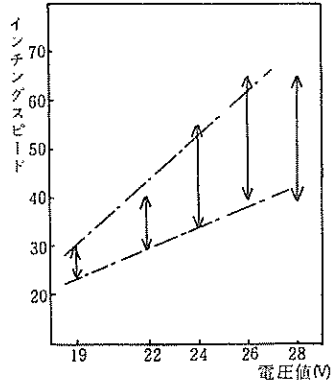


図2 適性溶接範囲

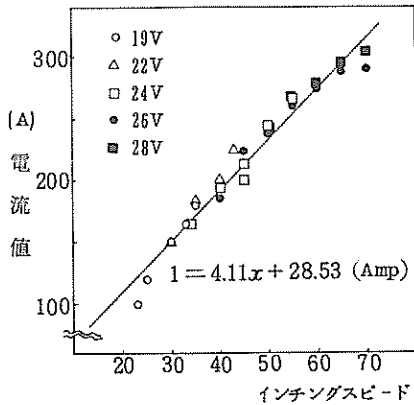


図3 インチングスピードと溶接電流との関係

給速度と電流値の関係はどうなっているのか、同じデータで調べてみると図3のようになった。これからみると電圧値にはほとんど影響なくほぼ直線関係を持つことがわかる。若干低電圧域で電流値が低い値を示している。したがって電流値はワイヤー供給スピードで直線的に変化できる。

以上CO<sub>2</sub>半自動溶接の機器の特性について調べた結果、一般手溶接と違いこの場合、電流調整をワイヤー供給速度で行うこと、かつ、その時の電流値は供給速度と比例関係であること、また溶接可能電流も設定電圧により一定の幅をもつということがわかった。

### 3. 溶接条件がビード外観と形状に及ぼす影響

前章で機器特性を把握し、装作上の注意点を確認したので、実際に溶接する場合、ビード形状に与える因子として何が特に影響するか、直交配列表をもちいて各因子を割り振り、実験を行なった。

#### 3・1 実験方法

装置：2章のように走行台車にトーチをセットし、簡易自動溶接の状態にし、2ペンレコーダで電流及び電圧を測定、記録した。

溶接方法：110×250mmの9mm板を作成し、その上に溶接するビードオンプレート方式で溶接を行なった。

溶接条件：溶接条件は、変動要因として5因子をとり表1のように3水準をとった。なお、固定要因としては次のとおりである。

固定要因

CO<sub>2</sub>流量：20ℓ/min

表1 溶接条件と各水準値

水準	1	2	3
変動要因			
溶接電流	150A (19V-30)	200A (24V-40)	300A (28V-50)
溶接速度	200 <sup>mm</sup> / <sub>min</sub>	300	400
チップ母材間距離	10mm	20	30
トーチ角度	5°	15	25
溶接方向	- (後退法)	+ (前進法)	+

ワイヤー：ソリッドワイヤー軟鋼用 1.2 φ mm 径

測定項目：①ビード形状(ビード幅、ビード高さ、溶け込み深さ) ②電流値、③電圧値、④電流値変動

### 3・2 割り付け表及び実験結果

割り付けは  $L_{27}(3^{13})$ 、直交配列表を使用し、表2のように行なった。測定結果は表2右欄に記した。また実験結果の写真を割り付け列番順に写真2に示す。

### 3・3 考 察

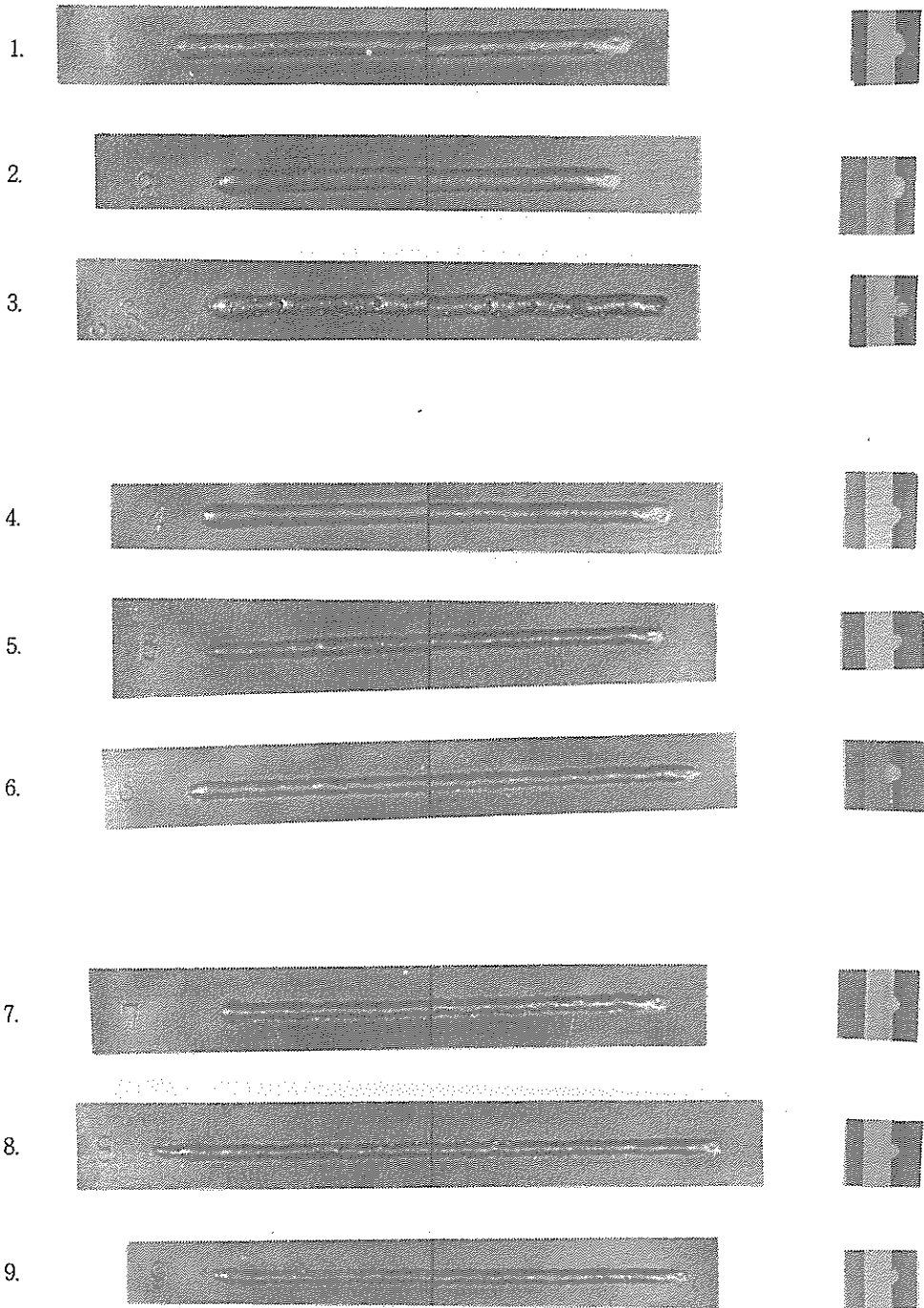
各測定値に与える溶接条件の影響をみるため、分散分析を行った。結果を表3～表8に示し、これらをまとめると表9のようになる。また、分散分析より5%以内の危険率で有意と判断された要因を抜き出してグラフ化したのが図4～図12である。

#### 3・3・1 電流値、電圧値に及ぼす各因子の影響

表9よりみると電流値及び電圧値に与える因子として当然ながら両者とも各設定電流が1%の危険率で有意となっている。他にチップ母材間距離の影響が同じく1%の危険率で有意となっている。

表2 実験割り付け及び測定結果

試験 順序	列 番	電 流 A	速 度 V	間 距 離 C	チ ッ プ 母 材 L	ト ー チ 角 度 D	溶 接 方 向	実 測 電 流	実 測 電 圧	電 流 変 動 幅	ビ ー ド 幅	ビ ー ド 高 さ	溶 け 込 み
1	1	150	200	10	5	—	145	19.5	2	7.8	3.2	2.2	
3	2	"	"	20	15	+	120	19.5	2	7.2	3.1	1.5	
10	3	"	"	30	25	+	100	21.0	5	6.4	4.1	0.9	
4	4	"	300	10	15	+	140	19.5	2	6.8	2.8	2.1	
25	5	"	"	20	25	—	125	19.5	2	5.2	3.1	1.6	
20	6	"	"	30	5	+	110	20.0	3	5.0	3.1	1.4	
27	7	"	400	10	25	+	145	19.0	2	5.3	2.3	1.1	
18	8	"	"	20	5	+	125	19.5	2	4.8	2.8	1.6	
13	9	"	"	30	15	—	115	20.0	2	4.6	2.7	1.4	
21	10	200	200	10	5	—	210	24.5	3	12.3	3.0	3.8	
2	11	"	"	20	15	+	155	25.5	4	11.0	3.8	2.3	
16	12	"	"	30	25	+	140	26.0	4	10.8	3.3	1.5	
22	13	"	300	10	15	+	210	24.5	2	10.0	2.9	1.6	
6	14	"	"	20	25	—	155	25.5	3	8.0	3.9	2.6	
23	15	"	"	30	5	+	150	26.0	5	8.3	3.1	2.0	
11	16	"	400	10	25	+	210	22.0	3	9.4	3.0	2.8	
12	17	"	"	20	5	+	175	22.5	3	6.2	3.1	2.2	
7	18	"	"	30	15	—	135	26.0	3	6.3	3.4	1.7	
19	19	250	200	10	5	—	250	29.5	3	16.8	3.3	3.8	
14	20	"	"	20	15	+	210	30.0	3	16.3	3.1	3.1	
17	21	"	"	30	25	+	175	31.0	3	15.0	3.3	2.1	
8	22	"	300	10	15	+	250	29.5	2	13.3	3.2	4.5	
15	23	"	"	20	25	—	210	30.0	3	11.0	3.5	3.0	
9	24	"	"	30	5	+	185	30.5	3	12.1	3.4	2.8	
5	25	"	400	10	25	+	230	29.5	3	10.3	2.7	4.2	
26	26	"	"	20	5	+	195	30.5	5	9.5	2.5	2.4	
24	27	"	"	30	15	—	185	30.5	3	8.8	3.6	2.3	



0 50mm

写真2-1 ビード形状写真

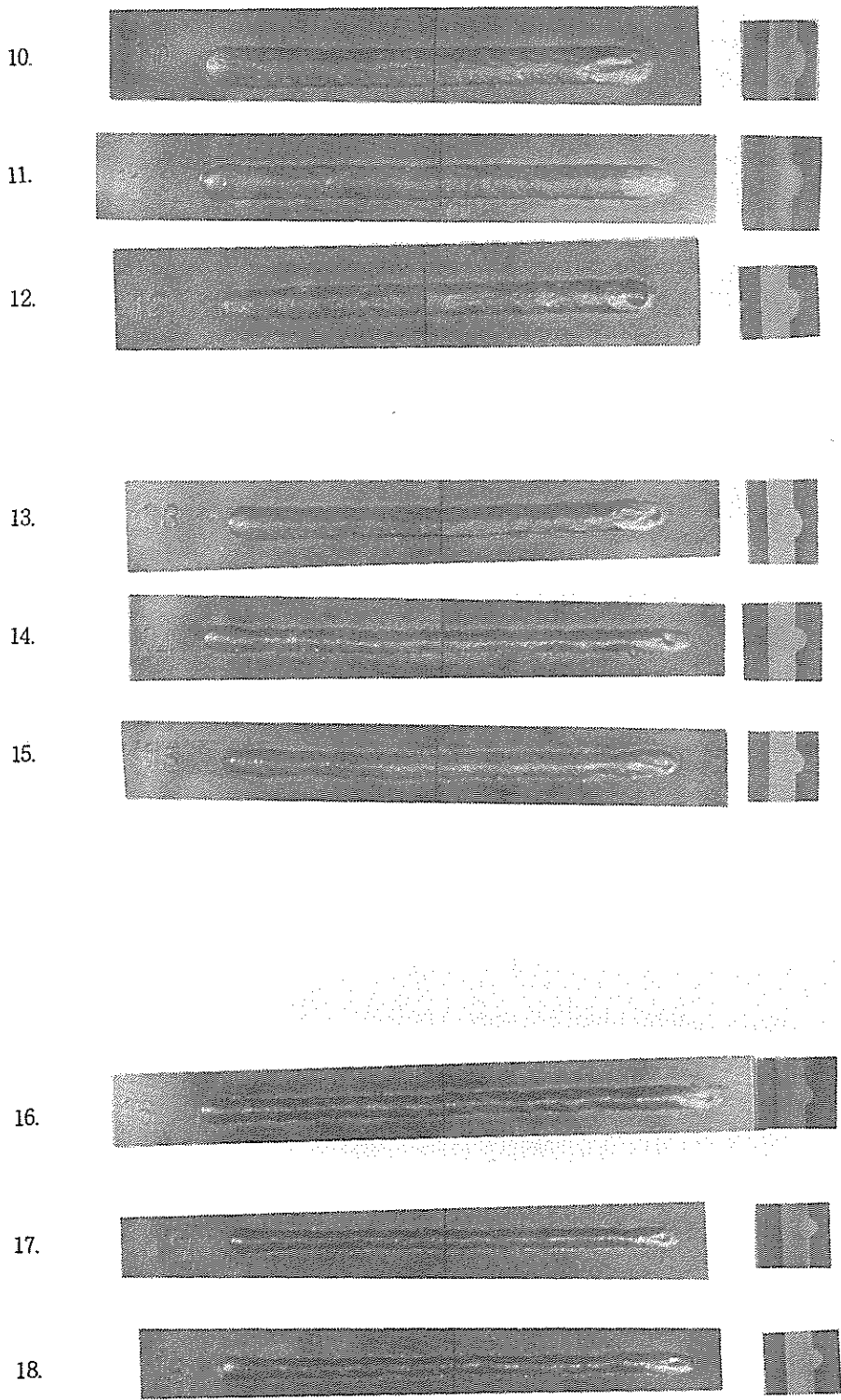


写真2-2 ビード形状写真

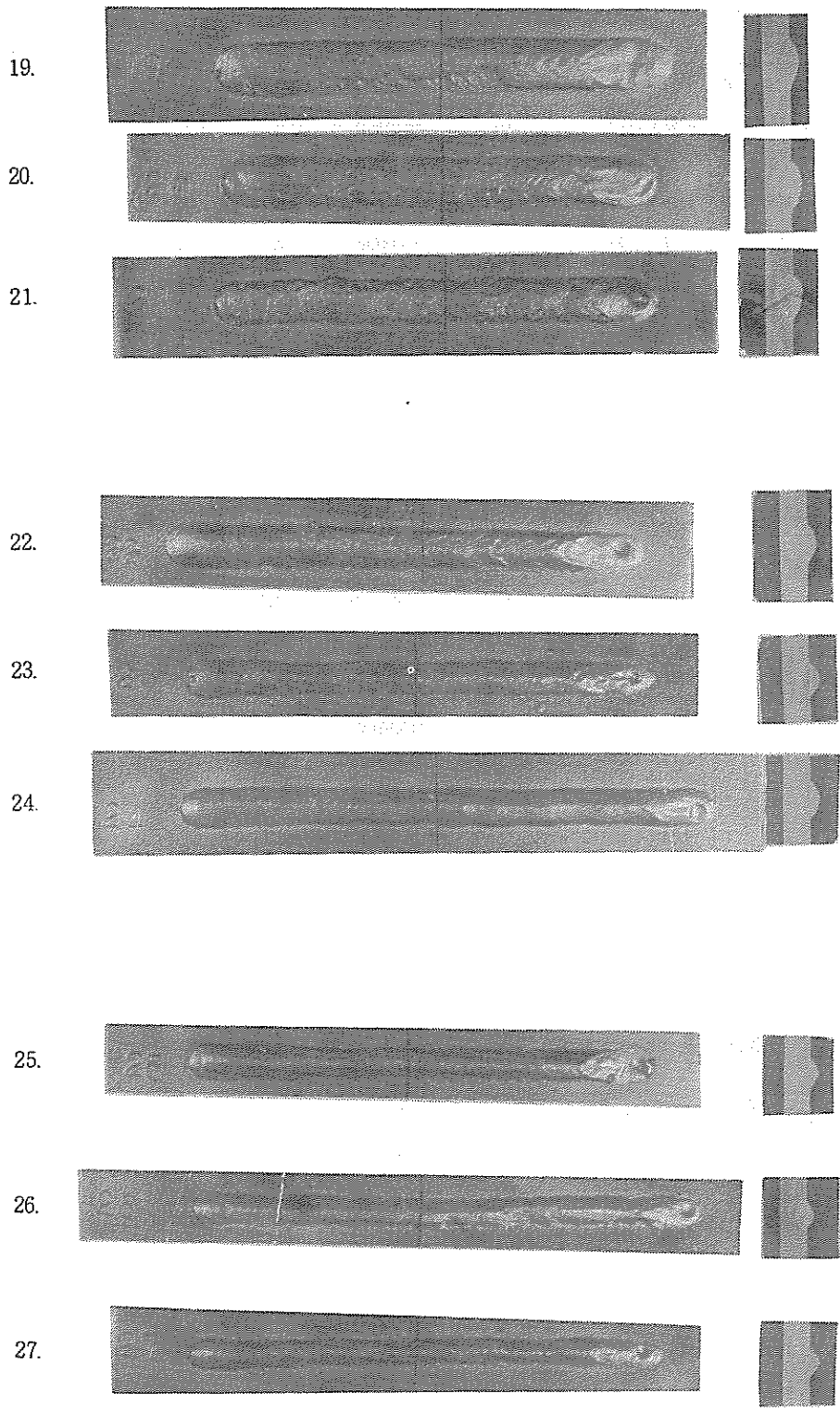


写真2-3 ビード形状写真

表3 分散分析表 (実測電流値)

要因	S	$\phi$	V	$F_0$	プール	$F'_0$
溶接電流 A	32590.7	2	16295.4	305.8		171.7
溶接速度 V	51.8	2	25.9	0.48		
チップ母材間距離 C	14001.8	2	7000.9	131.4		73.8
トーチ角度 L	168.5	2	84.3	1.58		
溶接方向 D	22.7	1	22.7	0.43		
A×V	270.4	4	67.6	1.27	$V'_E=94.9$	
A×C	1070.3	4	267.6	5.02	$\phi'_E=22$	
A×L	237.0	4	59.3	1.11		
誤差 E	266.4	5	53.3			

表4 分散分析表 (実測電圧値)

要因	$S \times 10^2$	$\phi$	$V \times 10^2$	$F_0$	プール	$F'_0$
溶接電流 A	48590.7	2	24295.4	593.5		406.3
溶接速度 V	301.8	2	150.9	3.7		
チップ母材間距離 C	1035.1	2	517.6	12.7		8.66
トーチ角度 L	35.1	2	17.6	0.43		
溶接方向 D	29.6	1	29.6	0.73		
A×V	414.8	4	103.7	2.54	$V'_E=59.8$	
A×C	181.4	4	45.4	1.11	$\phi'_E=22$	
A×L	148.1	4	37.0	0.91		
誤差 E	204.1	5	40.8			

表5 分散分析表 (電流変動幅)

要因	S	$\phi$	V	$F_0$	プール	$F'_0$
溶接電流 A	3.9	2	1.95	4.43		
溶接速度 V	1.0	2	0.50	1.14		
チップ母材間距離 C	4.6	2	2.30	5.23		
トーチ角度 L	2.3	2	1.15	2.61		
溶接方向 D	1.2	1	1.20	2.73		
A×V	2.9	4	0.73	1.66		
A×C	3.3	4	0.83	1.89		
A×L	1.6	4	0.40	0.91		
誤差 E	2.2	5	0.44			

表6 分散分析表 (ビード幅)

要因	$S \times 10^2$	$\phi$	$V \times 10^2$	$F_0$	プール	$F'_0$
溶接電流 A	20058.0	2	10029.0	946.1		983.2
溶接速度 V	9168.9	2	4584.5	432.5		449.5
チップ母材間距離 C	1042.7	2	521.4	49.2		51.1
トーチ角度 L	140.0	2	70.0	6.6		6.86
溶接方向 D	31.1	1	31.1	2.9		
A×V	1397.2	4	349.3	33.0	$V'_E=10.2$	34.2
A×C	32.0	4	8.0	0.75	$\phi=14$	
A×L	26.8	4	6.7	0.63		
誤差 E	52.9	5	10.6			

表7 分散分析表 (ビード高さ)

要因	$S \times 10^2$	$\phi$	$V \times 10^2$	$F_0$	プール	$F'_0$
溶接電流 A	29.8	2	14.9	1.41		
溶接速度 V	98.7	2	49.4	4.66		
チップ母材間距離 C	75.6	2	37.8	3.57		
トーチ角度 L	16.5	2	8.3	0.78		
溶接方向 D	26.7	1	26.7	2.51		
A×V	49.8	4	12.5	1.17		
A×C	56.9	4	14.2	0.74		
A×L	25.3	4	6.4	0.60		
誤差 E	53.2	5	10.6			

表8 分散分析表 (溶け込み深さ)

要因	$S \times 10^2$	$\phi$	$V \times 10^2$	$F_0$	プール	$F'_0$
溶接電流 A	1153.8	2	577.0	20.3		17.1
溶接速度 V	22.3	2	11.2	0.39		
チップ母材間距離 C	560.3	2	280.2	9.87		5.38
トーチ角度 L	33.8	2	66.9	0.59		
溶接方向 D	40.9	1	40.9	1.44		
A×V	68.6	4	17.2	0.61	$V'_E=52.1$	
A×C	150.6	4	37.7	1.33	$\phi'_E=22$	
A×L	127.1	4	31.8	1.12		
誤差 E	142.0	5	28.4			

表9 分散分析結果

特性値	電流		溶接速度		母材間距離		トーチ角度		溶接方向		電流・速度		電流・チップ		トーチ角度・	
	A	V	C	L	D	A×V	A×C	A×L			A×C	A×L				
実測電流値	***		***													
実測電圧値	***		***													
電流値変動																
ビード幅	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
ビード高さ																
溶け込み深さ	***		***													

\*\*\* 1%の危険率で有意  
 \*\* 5%の危険率で有意

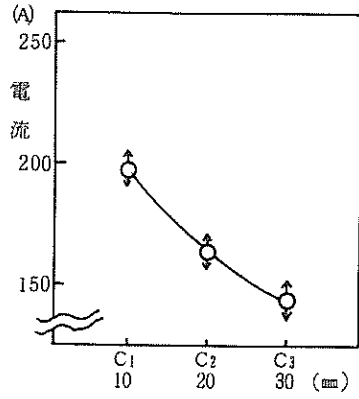


図4 電流値に及ぼすチップ母材間距離の影響

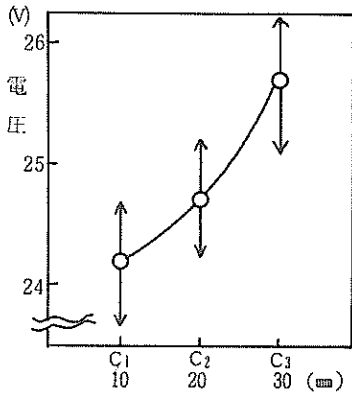


図5 電圧値に及ぼすチップ母材間距離の影響

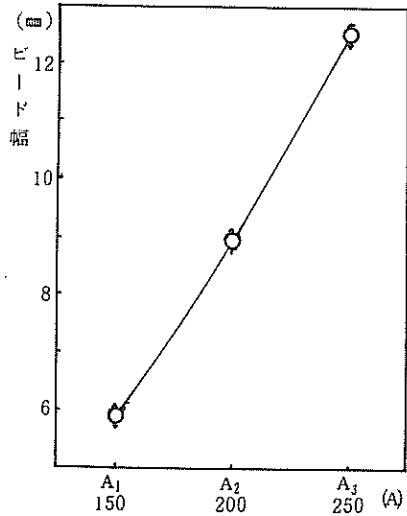


図6 ビード幅に及ぼす電流の影響

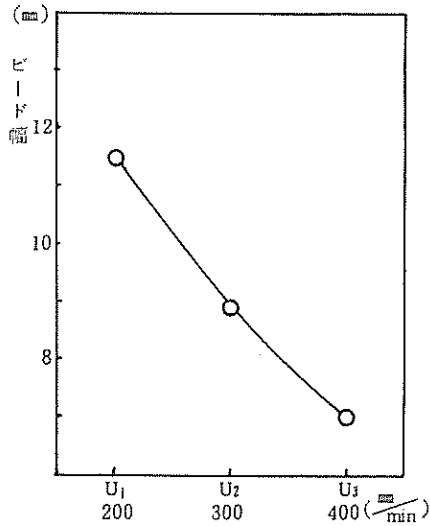


図7 ビード幅に及ぼす溶接速度の影響

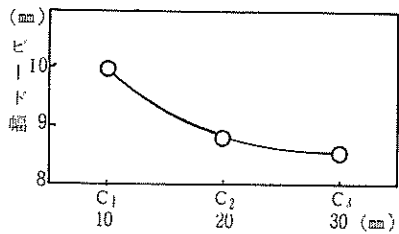


図8 ビード幅に及ぼすチップ母材間距離の影響



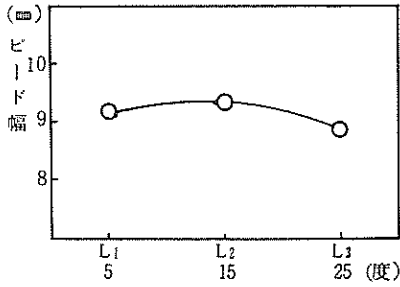


図9 ビード幅に及ぼす  
トーチ角度の影響

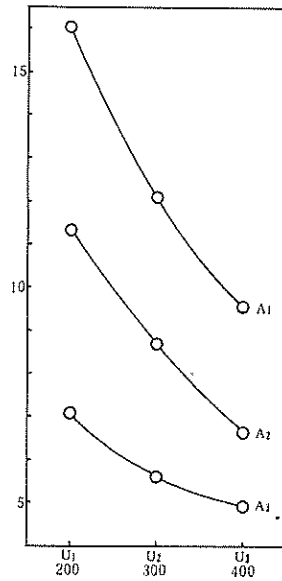


図10 ビード幅に及ぼす  
溶接速度と電流の影響

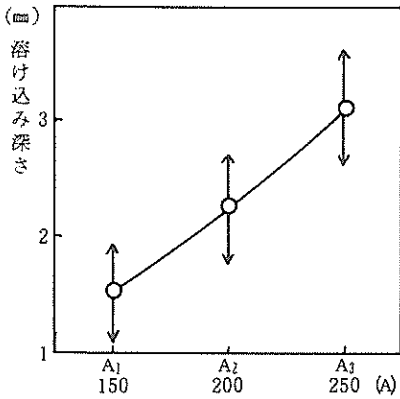


図11 溶け込み深さに及ぼす  
溶接電流の影響

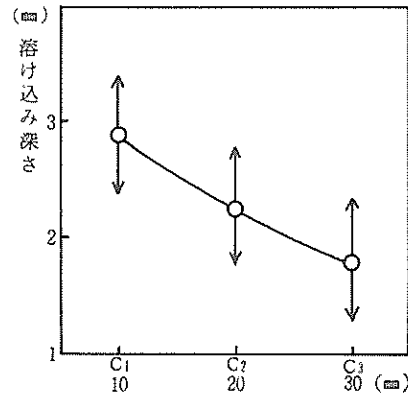


図12 溶け込み深さに及ぼす  
チップ母材間距離の影響

今回チップ母材間距離の水準を10. 20. 30mmと10mmの間隔でとったが、図4からみるように30~40Aの減少をきたすことがわかる。一方電圧値のほうは、逆に1~2Vの増加となるのがわかる。

### 3・3・2 電流値の変動について

2ペンレコーダーで測定中電流値の変動がみられたので、実験終了後そのふれ具合を5段階にわけて各因子の影響度を調べてみたが、表5からもわかるように影響があると認めるまでにはいかなかった。しかし、ビード形状をみると特に3.12.21ではビード内にブローホールが多く発生し、かつ、電流の変動も大きい。

次にビード状態に及ぼす影響をみると、ビード幅に対する影響は大部分の因子が影響ありと出ているが、高さ及び溶け込み深さに対してはそれほど影響はみられない。特に高さに対してはいずれの因子にも影響ありとは認められない結果となっている。具体的な因子の影響を述べると次のとおりである。

### 3・3・3 ビード幅に与える各因子の影響

分散分析結果よりみると影響因子として電流、溶接速度、チップ母材間距離、トーチ角度、電流と溶接速度の交互作用、以上5因子が1%の危険率で有意と判断された。中でも電流と溶接速度の影響が大きい。当然ながら電流が上昇するにつれて幅も増加し、逆に速度が増すほど減少している。また、その2因子の交互作用も働いており、図10よりみると、低電流より高電流域で溶接速度がビード幅に影響するのが大きいことがわかる。

チップ母材間距離の影響も幅に対して有意と出て減少傾向をもたらす。これは、前述のように電流値に与える影響も大きいことから判断して、ビード幅に与える影響度合も大きいことは当然の結果といえよう。

ビード幅に対してはトーチ角度の影響も同じく1%の危険率で有意となっている。トーチ角度の水準としては5°・15°・25°と10°間隔でとったが、図9からみると15°でピークを示し5°・25°は減少していることがわかる。

### 3・3・4 ビード高さ及び溶け込み深さに及ぼす各因子の影響

分散分析結果よりビード高さに対してはいずれも影響があるとはいえない。溶け込みの場合は、電流のみが影響し他の因子は影響なしの結果となっている。以上のことからビード形状に対しては電流の影響がもっとも大きいことが確認される。ところでビード高さに対してどの因子も影響なしということは電流値の高低も影響なく、ビード高さとしてはほぼ一定ということになる。その理由として次のようなことが考えられる。まず電流値が高い場合はおのずと溶解量も多く、温度も高いことが考えられる。従ってその場合冷えるのが遅くそのためビード幅が増し、高さとしてはその分低くなる。一方電流値が低い場合、当然溶解量が少ないはずであるが、その分溶け込み量も少なくかつ、温度も低いため幅として広がることが出来ず、その分ビード高さとしてある程度の高さを保持する。従って電流値もビード高さに対しては影響しないという結果になったものと思われる。

以上より、CO<sub>2</sub>半自動溶接で溶接する際、溶接条件を設定するには、電流値と溶接速度がまず肝要であり、またそれを安定にするためにチップ母材間距離を変動させないようにすることが大事である。その他トーチ角度、トーチ向きの条件は対象物によって考慮するべきで特に大きな影響力は持っていないと考えられる。一般的に溶接状況を判断しながら溶接するには、前進法が良いとされていて、今回の実験でも特に向きの影響はなかったので前進法で行ったほうが良いと思われる。

## 4. V型突き合わせ継手における裏波溶接に及ぼす開先形状及び溶接条件の影響

(突き合わせ溶接(当金なし)の最適条件を求める)

前述のようにビード形状に及ぼす溶接条件の影響が把握出来たので、実際の溶接における溶接方法の検討を行なった。最初にV型突き合わせ溶接での第1層目溶接(裏波溶接)の適性条件を求めため各変動要因を設定し、前章と同じく直交配列表を用いて割り振り実験した。

### 4・1 実験方法

実験装置：前章と同じ装置である。

実験方法：

試験片寸法は図13に示すとおりである。溶接方法はまず試験片両端を仮付し、溶接台に設置し、アーク発生中心をルート間隔の中心において溶接を行なった。

表11 実験割り付け及び実験結果

実験 順序	列 番	ル ー ト 面 h	ル ー ト 間 隔 G	開 先 角 度 L	溶 接 電 流 A	溶 接 速 度 V	外 観 判 定
9	1	1.5	0.5	45	120	200	0
17	2	"	"	60	140	300	0
21	3	"	"	75	160	400	4
12	4	"	1.0	45	140	300	3
24	5	"	"	60	160	400	4
3	6	"	"	75	120	200	2
25	7	"	1.5	45	160	400	5
5	8	"	"	60	120	200	5
14	9	"	"	75	140	300	4
11	10	2.0	0.5	45	140	400	0
22	11	"	"	60	160	200	0
4	12	"	"	75	120	300	0
27	13	"	1.0	45	160	200	0
2	14	"	"	60	120	300	0
15	15	"	"	75	140	400	2
6	16	"	1.5	45	120	300	1
10	17	"	"	60	140	400	5
26	18	"	"	75	160	200	5
23	19	2.5	0.5	45	160	300	0
7	20	"	"	60	120	400	0
18	21	"	"	75	140	200	0
8	22	"	1.0	45	120	400	0
16	23	"	"	60	140	200	0
20	24	"	"	75	160	300	3
13	25	"	1.5	45	140	200	1
19	26	"	"	60	160	300	5
1	27	"	"	75	120	400	3

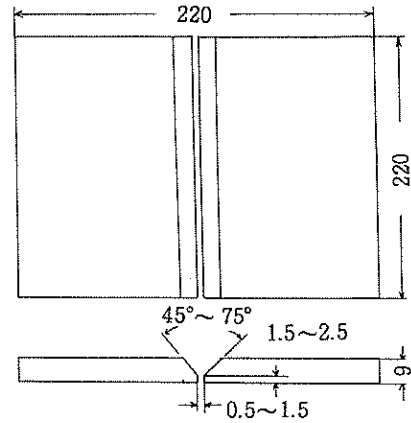


図13 試験片寸法

表10 溶接条件と各水準値

変動要因	水準		
	1	2	3
ルート面	1.5 mm	2.0	2.5
ルート間隔	0.5 mm	1.0	1.5
開先角度	45°	60°	75°
溶接電流	120A	140	160
溶接速度	200mm/min	300	400

溶接条件：溶接条件は、変動要因として5因子をとり表10のように3水準にとった。各水準の設定はワイヤー径が1.2φであるため、ルート間隔を最大1.5mmとし0.5mm幅でとり、開先角度は通常の角度60°を中心に前後15°を、ルート面は3mm以下ということで最大を2.5mmにとり以下0.5mm間隔でとった。また、溶接電流は裏波溶接であるため突き抜け防止と短絡アーク範囲ということで120～160Aをとった。また溶接速度は、手溶接が一般に100～150mm/minであるためそれ以上の200をとりそれから100mm/minの間隔で3段階をとった。また固定要因として、前章の実験結果より判断してトーチ角度とチップ母材間距離をそれぞれ15°・15mmにとった。なかでもチップ母材間距離が電流に与える影響は大きいので特に注意をはらった。その他CO<sub>2</sub>注量、ワイヤー径は前回と同じである。

表12 外観判定基準表

点数	溶接状態
5	最良…裏波充分
4	良…溶解込みが少し足りない
3	可… $\frac{3}{4}$ 以上溶解込み有す $\frac{3}{4}$ までで溶解落ち
2	不可… $\frac{2}{4}$ 以上溶解込み有す $\frac{3}{4}$ までで溶解落ち
1	不可… $\frac{1}{4}$ 以上溶解込み有す $\frac{1}{4}$ までで溶解落ち
0	不可…全面溶解込み不足 すく溶解落ち

表13 分散分析表

要因	S	$\phi$	V	$F_0$	プール	$F_0'$
ルート面 h	15.63	2	7.82	13.25 <sup>*</sup>		7.38 <sup>**</sup>
ルート間隔 G	51.85	2	25.93	43.95 <sup>**</sup>		24.46 <sup>**</sup>
開光角度 L	9.85	2	4.93	8.36 <sup>*</sup>		4.65 <sup>*</sup>
溶接電流 A	13.41	2	6.71	11.4 <sup>*</sup>		6.33 <sup>**</sup>
溶接速度 V	5.85	2	2.93	4.97	$V_E = 1.06$ $\phi_E = 18$	
h × G	1.70	4	0.42	0.73		
h × L	1.70	4	0.43	0.73		
G × L	7.48	4	1.87	3.17		
誤差 E	2.36	4	0.59			

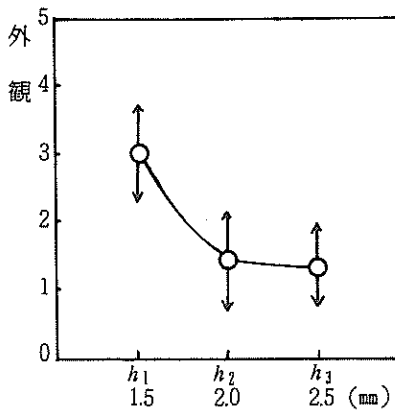


図14 裏波に及ぼすルート面の影響

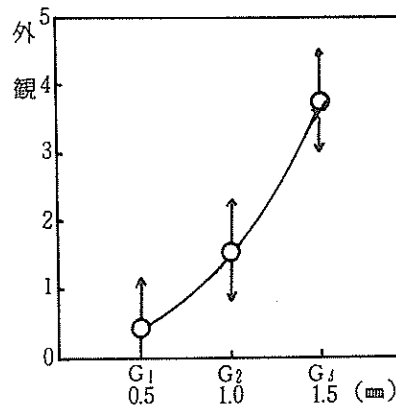


図15 裏波に及ぼすルート間隔の影響

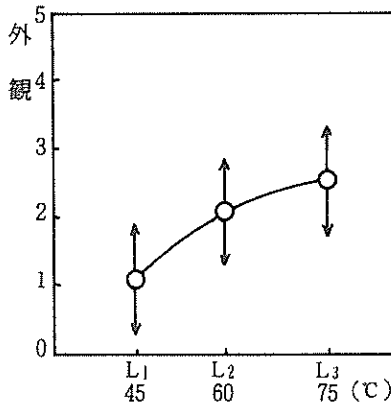


図16 裏波に及ぼす開光角度の影響

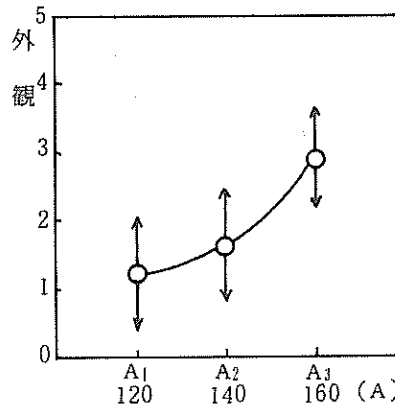


図17 裏波に及ぼす溶接電流の影響

#### 4・2 割り付け表及び実験結果

割り付け及び実験結果を表11に示す。また判定規準に照らした実験結果の代表例を写真3に示す。なお、外観判定基準は表12にもとづいて行った。

### 4・3 考 察

外観に対する分散分析結果を表13に示し、その中の影響因子を取り出してグラフ化したのを図14～16に示す。これからみると裏波の溶接状態に与える因子として、開先条件はすべてに関係し、かつ、溶接条件は電流値が大きく影響していることがわかる。これらの影響因子を個別にみるとまず開先形状の場合、ルート面とルート間隔が1%の危険率で有意、開先角度が5%の危険率で有意となっている。ルート面の場合薄いほうが良く、ルート間隔の場合広いほうが良いといえる。また、開先角度も広いほうが良いという結果になっている。電流値の値も160Aの高い方が良い結果を示している。

以上より裏波溶接の一層目溶接における最適条件は今回の実験結果では

- ① ルート面 1.5 mm
- ② ルート間隔 1.5 mm
- ③ 開光角度 75°
- ④ 溶接電流 160 A という設定が良い結果を与えることがわかる。

ところで、今回溶接速度に有意差がみられなかったことから200～400mm/minの速度ではさほど差がないといえよう。前述の実験例からも溶接速度は、ビード幅に影響し、とけ込み等に影響がなかったことから同様の判断が出来る。

### 5. ま と め

CO<sub>2</sub>半自動溶接について、機器取り扱い及び溶接時における溶接条件等段階的に実験を行なった結果、次のようなことが確認された。

- (1) CO<sub>2</sub>半自動溶接機における電流調整は、ワイヤー供給速度をかえることにより変化させる。供給速度を増すと電流値も上昇する。
- (2) その時の電流値は適性溶接としては溶接電圧と強い関係を持ち、任意の電圧域に対して適的な電流幅をもち、かつ、その幅も高電圧程大きい。
- (3) チップ母材間距離は溶接電流及び電圧に大きく影響を与え、距離が広くなると電流が減少する。
- (4) 突き合わせの裏波溶接の最適条件は、ルート面：1.5 mm、ルート間隔：1.5 mm、開先角度：75°、溶接電流：160 Aが良好で溶接スピードはそれほど影響を及ぼさない。

今後の課題として、突き合わせ溶接の最適条件を1層目溶接だけで判断したが、実際には2～3層溶接もしなければならぬ。今後それらの要因も加味しての判断が必要になる。特に開先角度は75°だと広すぎて溶接時間、溶接量、それによる歪の増大等を考えると、広すぎるものと考えられるので今後引き続き検討する必要がある。

### 参 考 文 献

- 石川、藤森、久米：実験計画法下（東京化学同人）  
塩崎、伊部：特殊溶接入門（コロナ社）  
益本、岡田：半自動、自動アーク溶接（産報出版）  
岡田明之他：溶接技術27、15（1979）  
永田、松永、木村：長崎県北工業試験場報告 21（1977）  
黒木、森田：鹿児島県機械金属技術指導センター報告 32（1970）

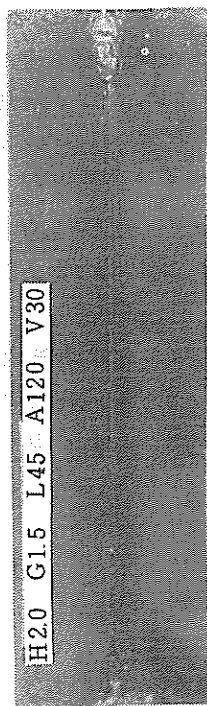
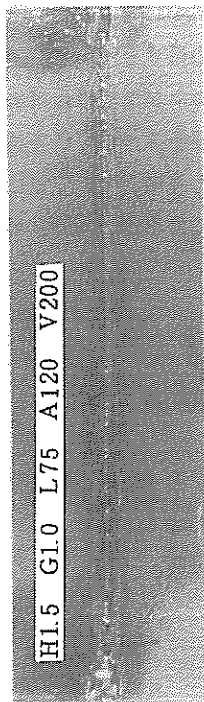
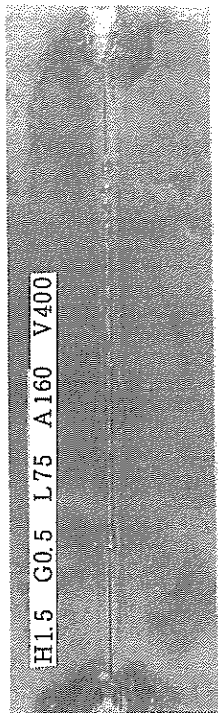
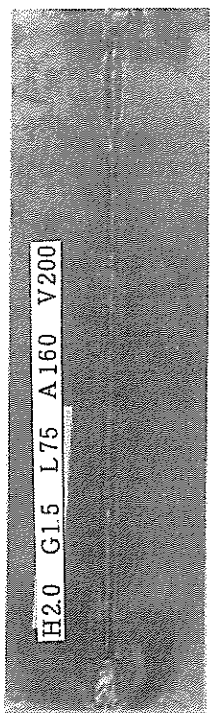
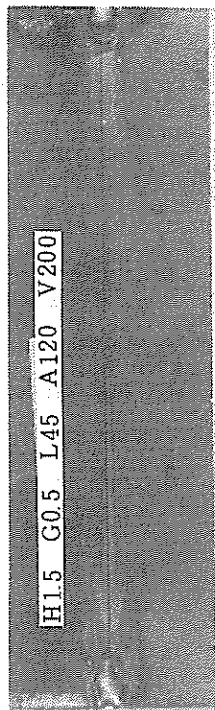
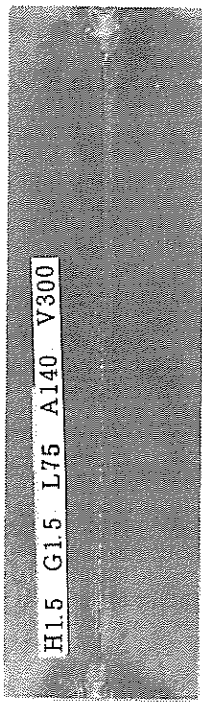
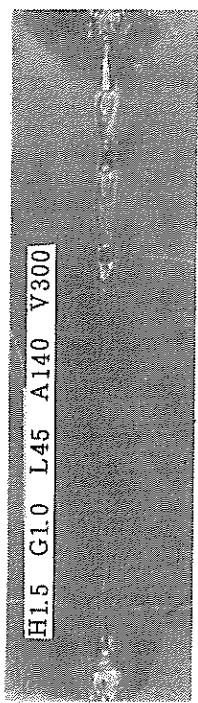
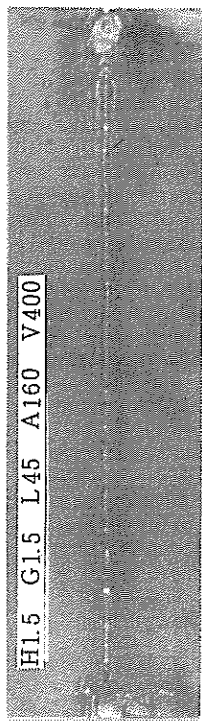


写真3 裏波の状態

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。