

## 2-2 パルス MAG 溶接に関する研究

### — パルスMAG溶接の溶接条件に関する研究 —

森田 春美・黒木 季彦

#### 1. はじめに

溶接の省力化・高能率化をはかるため、ガスシールド溶接法による全自動・半自動溶接が急速に普及している。なかでも半自動溶接の普及はめざましく、従来の手溶接にとって変るほどの普及率である。

現状では普及率の高い半自動溶接も炭酸ガス半自動溶接が主流であり、ビード外観、スパッター、アーク安定性等に問題がある。これらの諸問題を解決するため、企業においては、混合ガス（Ar + CO<sub>2</sub>）を用いた溶接法を採用したり、あるいはフラックス入りワイヤを採用したりしている。しかし混合ガス溶接を採用することにより、ビード外観、アーク安定性は向上するものの、スパッターについては、溶接条件により必ずしも減少しないことが報告されている。またフラックス入りワイヤを採用するとこれらの諸問題は解決するものの価格が高いという問題がある。これらに挑戦するかのように各溶接機メーカーでは、スパッタの激減、溶融スピードの向上、ローコストを目的に、パルスMAG溶接機を開発し、普及しつつある。

そこで本報ではCO<sub>2</sub>、MAG、パルスMAGについて同一溶接条件における溶接性の比較検討を行なうとともにパルスMAGの適正溶接条件の把握を行なったので報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 実験装置

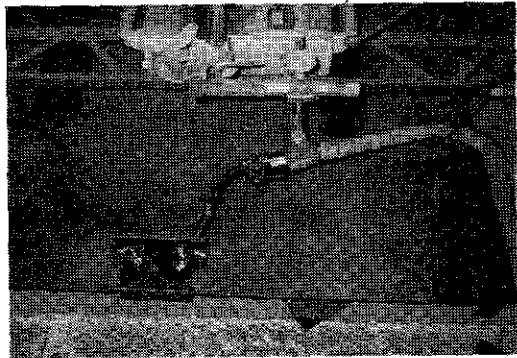
実験に使用した溶接機は、N社製トランジスタ式パルスMAG溶接機（定格850A）である。溶接速度、トーチ角度等の設定は写真1に示すように、T社製自動走行台車を改造したものを使用

した。

##### 2-2 実験材料

実験に使用した材料は、板厚9mmのSS41。ソリッドワイヤはN社製、軟鋼および50kg高張力鋼用でワイヤ径1.2mm。シールドガスには、CO<sub>2</sub> Ar80%+CO<sub>2</sub>を使用した。

##### 写真1. 走行台車



##### 2-3 実験の種類

実験はCO<sub>2</sub>、MAG、パルスMAG法の3溶接法で下向ビードオンプレート、水平すみ肉溶接を行ない各電流値、各溶接速度における溶込み深さ、余盛およびのど厚（本実験においては、実際のど厚から溶込み深さを引いた厚さ）、ビード幅（水平すみ肉溶接については脚長）について比較検討を行なった。なお本実験の主目的であるパルスMAG法の適正条件を把握するためパルスMAG溶接についてのみ、各溶接電流と電圧が、ビード形状、溶込み、スパッタにおよぼす影響について検討した。図1に供試材の寸法および試験片採取位置を示す。

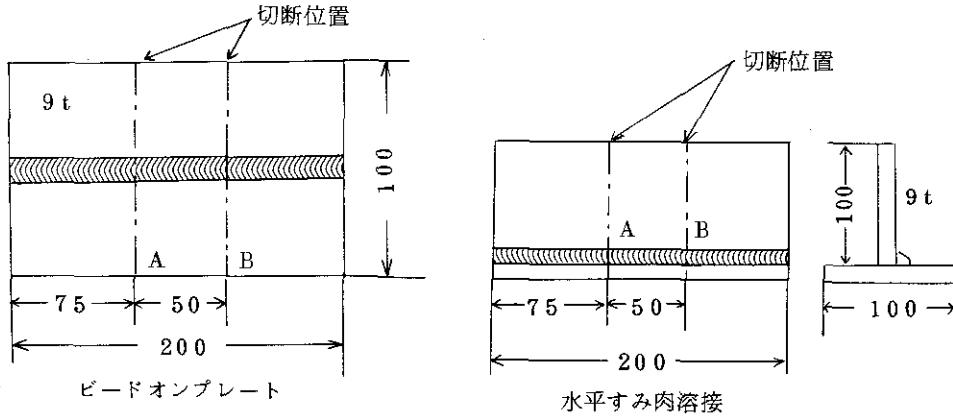


図 1. 試験片採取位置

2-4 溶接条件

溶接条件は表 1 によるが、溶接電圧の設定は最もアークの安定する電圧を予備実験からもとめ設定した。なおパルス MAG 法については溶接電圧

の影響を調査するために表 2 のような溶接条件で実験した。

表 1. 溶接条件

溶接姿勢	溶接法	※溶接電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	トーチ角度 (すみ肉のみ)	トーチ押角	ワイヤー突出し長さ (mm)	ガス流量 (l/min)
下向ビード オンプレート	CO <sub>2</sub>	100	18	各電流値 において 300 400 500	45°	15°	15	20
		150	21					
		200	24					
		250	27					
		300	31					
および	MAG	100	15					
		150	17					
		200	22					
水平すみ肉 溶接	パルス MAG	250	27					
		100	22					
		150	26					
		200	28					
		250	30					
		300	33					

※水平すみ肉溶接は 100 A を除く。

表 2. 溶接条件 ( パルス MAG )

溶接姿勢	溶接電流 ( A )	電 圧※ ( V )	溶接速度 ( mm/min )	トーチ押角	ワイヤー突出し 長 ( mm )	ガス流量 ( l/min )
下向ビード オンプレート	100	16 } 24	400	15°	15	20
	150	20 } 28				
	200	22 } 30				
	250	24 } 32				
	300	28 } 36				

※電圧は2Vおきに5種類設定

### 3. 実験結果と考察

実験に供した溶接機はトランジスタ方式のパルス溶接電源であり、この方式では安定な1パルス1溶滴移行を実現するため、溶接電流すなわちワイヤ送給速度に応じてパルス周波数は自動調整され、溶滴径をほぼ一程に保っている。図2に平均電流とパルス周波数の関係を示す。

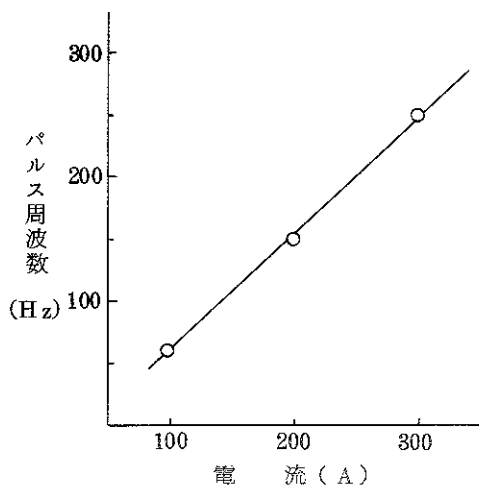


図 2. 平均電流とパルス周波数の関係  
( メーカー提供 )

また、手ふれなどによるアーク長やワイヤ突出し長さの変動に対しても自動的に一定のアーク長を保つように制御されており、溶接条件の設定が容易である。



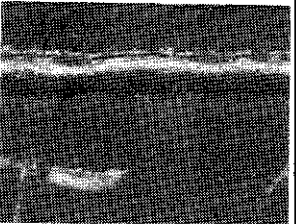
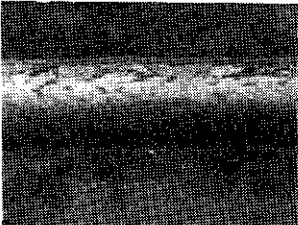

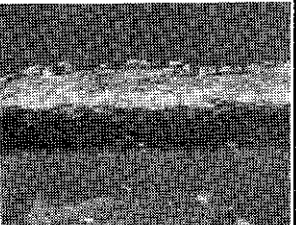
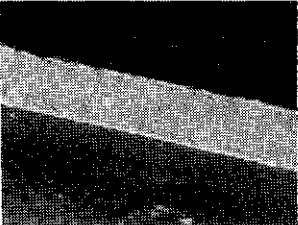
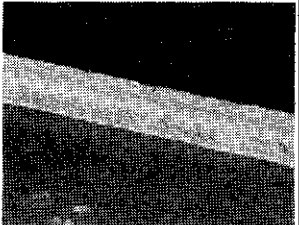
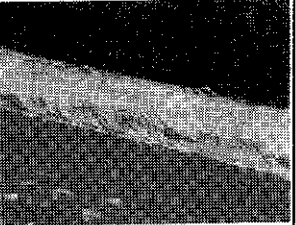
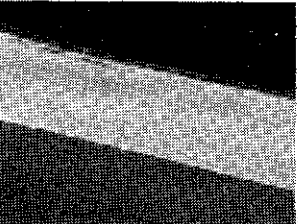
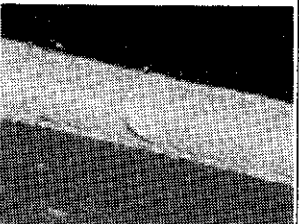
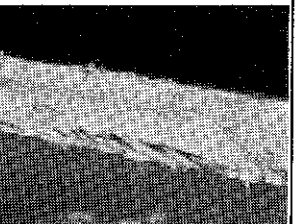
パルスMAG溶接については、数々の研究がなされ、その報告によると、深溶け込み、ビード外観の向上、高能率溶接などの事例がある。にもかかわらず本県において、パルスMAG溶接機を採用している企業は非常に少ない。その理由としては、装置の価格、シールドガスの価格が高いことが考えられる。

そこで本実験では経済性、高能率性を検討するための準備段階として、溶接条件の適正化を図るために各溶接法との比較、溶接条件の違いによる、ビード表面形状およびビード断面形状について検討を行った。

#### 3-1 ビード表面形状

各溶接法によるビード表面形状を写真2に示す。写真でも明らかなように溶接条件を変えても、下向溶接、水平すみ肉溶接ともビード幅の広い、滑らかなビード表面をもつ、パルスMAG法が他の溶接法より優れていることがわかる。

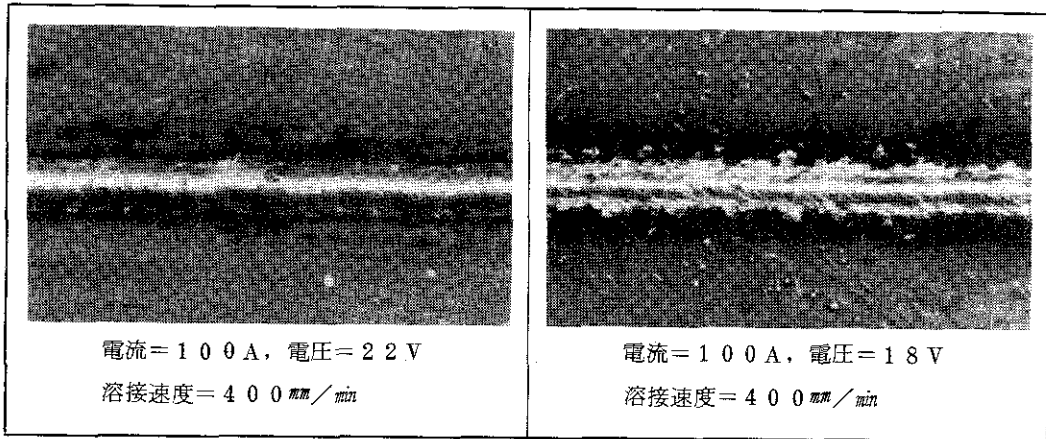
写真 2 ビード表面形状

	パルスMAG	MAG	CO <sub>2</sub>
ビードオンプレート	 <p>電流 = 150 A, 電圧 = 26 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 150 A, 電圧 = 17 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 150 A, 電圧 = 21 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>
	 <p>電流 = 250 A, 電圧 = 30 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>
水平すみ肉	 <p>電流 = 150 A, 電圧 = 28 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 150 A, 電圧 = 17 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 150 A, 電圧 = 21 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>
	 <p>電流 = 250 A, 電圧 = 30 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>	 <p>電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min</p>

しかし、このように美しいビードの得られるパルスMAG法でも、電流・電圧の設定を誤ると他の溶接法と同じように、スパッタが多量に発生し、

またオーバーラップ、アンダカット等の溶接欠陥が発生する。写真3に適正条件で溶接した場合とそうでない場合のスパッタ発生状況を示す。

写真3. スパッタ発生状況



3-2 ビード断面形状

図3に、下向きビードオンプレートの余盛高さ、すみ肉溶接の、のど厚、脚長、溶込み深さの測定ビード幅、溶込み深さの測定結果を、図4に水平結果を示す。

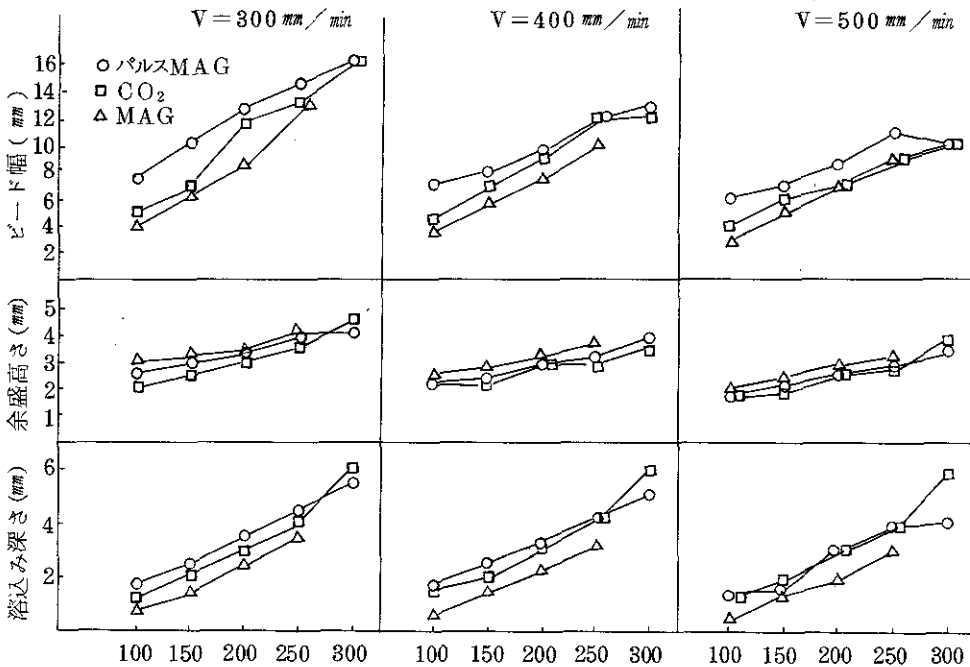


図3. ビード断面形状の比較 (下向)

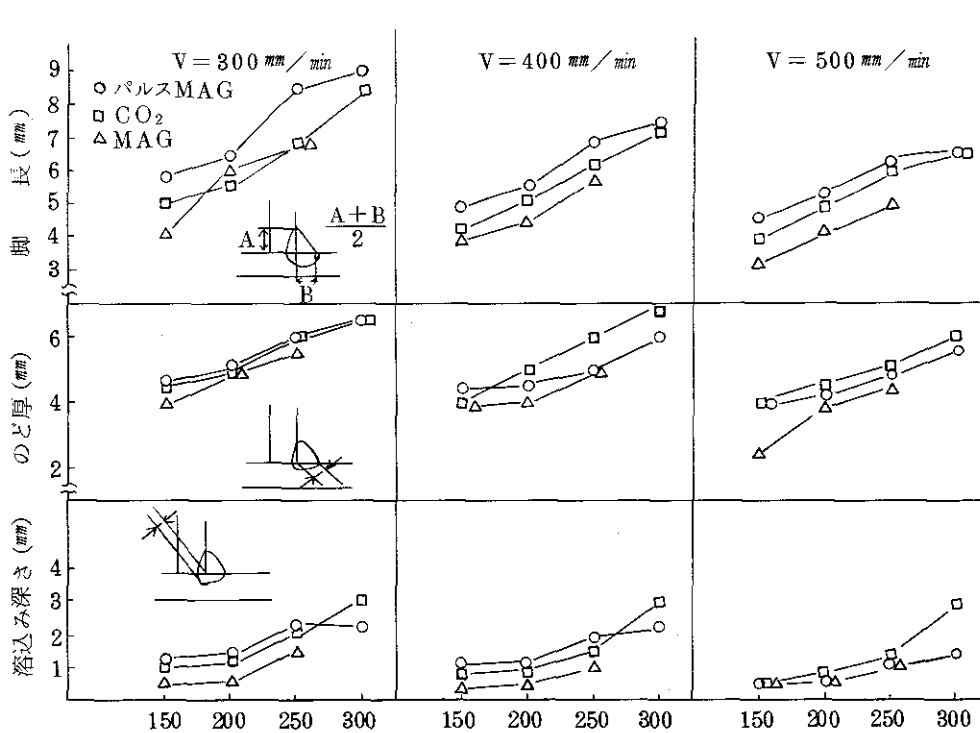


図4. ビード断面形状の比較(水平すみ肉)

図3, 図4の結果からビード幅・脚長についてはパルスMAG法が大きく, MAG法が小さくなっている。これはパルスMAG法が他の溶接法よりワイヤ溶融スピードが速いためと思われる。余盛り高さはMAG法が最も高い結果になっているがこのことは溶込みが浅いため余盛りが高くなったものと思われる。また, のど厚でCO<sub>2</sub>法が大きいのはCO<sub>2</sub>独得の凸形ビードが形成されているためである。溶込み深さは下向, 水平すみ肉溶接ともパルスMAG法が最もすぐれている。しかし250アンペアまではパルスMAG法が溶込みが深いが300アンペアではCO<sub>2</sub>法が深くなっている。これはパルスMAG法がこの電流域で移行形態が変化するのではないかと考えられる。写真4に各溶接法のマクロ写真を示す。

このように各溶接法を比較してみると, ビード形状が美しく, ビード幅が広く, 溶込みも深いパルスMAG法が最も優れていることがわかる。水

平すみ肉溶接においても同電流で脚長の大きい表面のフラットな理想的なビード形状を確保できる。

写真5に溶接速度を速めた時のパルスMAG法による水平すみ肉溶接のマクロ写真を示す。

写真からもわかるように溶融スピードの速いパルスMAG法でも溶接速度が適正でないときアンダカットの発生が見られ, 溶接条件の設定が大切であることがわかる。

写真4. 各溶接法のマクロ写真

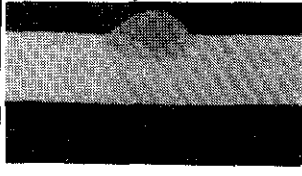
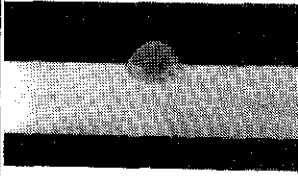
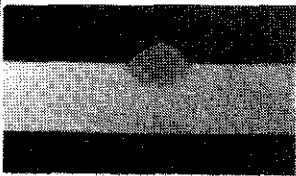
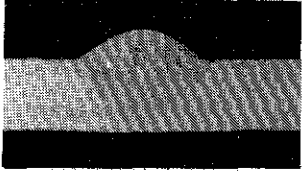
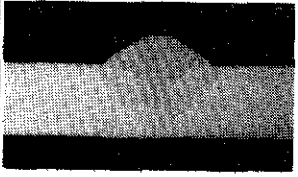
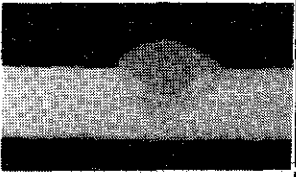
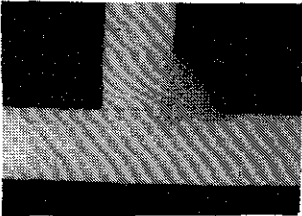
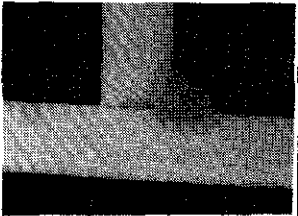
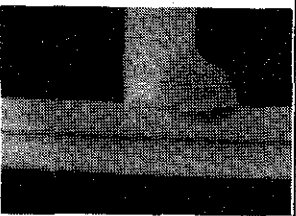
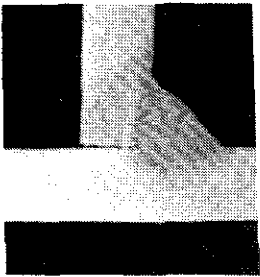
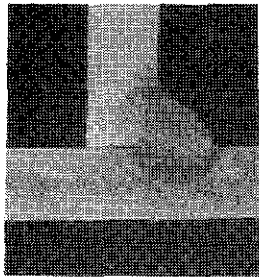
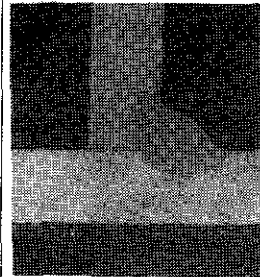
	パルスMAG	MAG	CO <sub>2</sub>
ビードオン プレート	 電流 = 150 A, 電圧 = 26 V 溶接速度 = 300 mm/min	 電流 = 150 A, 電圧 = 17 V 溶接速度 = 300 mm/min	 電流 = 150 A, 電圧 = 21 V 溶接速度 = 300 mm/min
	 電流 = 250 A, 電圧 = 30 V 溶接速度 = 300 mm/min	 電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min	 電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min
水平すみ肉	 電流 = 250 A, 電圧 = 30 V 溶接速度 = 300 mm/min	 電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min	 電流 = 250 A, 電圧 = 27 V 溶接速度 = 300 mm/min

写真5. 溶接速度の影響

溶接条件	V = 300 mm/min	V = 400 mm/min	V = 500 mm/min
電流 300 A 電圧 33 V ワイヤ突出し長さ 1.5 mm			

### 3-3 溶接電圧の影響

図5に溶接電圧を変化させた時のビード幅、余盛高さ、溶込み深さの調査結果を示す。

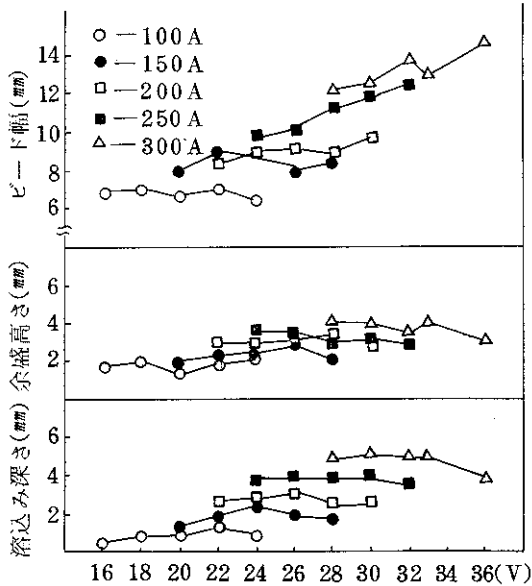


図5. 溶接電圧がビード形状に及ぼす影響

図5より、同一電流で電圧が高くなるとビード幅が広がる。また溶込み深さについてはアークが最も安定な電圧のとき、つまり適正電圧の時に深くなり、適正電圧からはずれるに従って浅くなることがわかる。

断面形状の観測結果は、以上であるがビード外観を観察すると、電圧が低くなると写真3に示したように、スパッタ、オーバーラップが多発することが確認された。

## 4. ま と め

今回の実験結果をまとめると以下の様になる。

- (1) 各溶接法のビード外観を比較すると、下向、水平すみ肉溶接ともパルスMAG法が最も美しく、ビード幅が広く、脚長も大きくなる。従って、高能率溶接が可能である。
- (2) 各溶接法のビード断面形状を比較するとパルスMAG法が溶込みが深く、余盛が低く、

ビード幅の広い理想的な断面形状が得られる。

しかし溶接電流が250アンペアを超えると

CO<sub>2</sub>法の方が溶込みは深くなる。

- (3) パルスMAG法で、水平すみ肉溶を行う場合、溶接速度が速くなると、他の溶接法に比べて、アンダカットの発生率が高くなる。
  - (4) パルスMAG法で溶接電圧を変化させると、低くなるに従ってビード表面形状が粗くなり、スパッタ、オーバーラップが発生する。又高くなると、ビード幅が広くなり、溶込みが浅くなる。
  - (5) トランジスタ方式のパルスMAG溶接機を使用して溶接する場合、パルスのベース出力調整により、溶込み深さが変化する。
- 以上のような結果が得られたが、ビード表面形状、断面形状など全て溶接条件が適正である場合に言えることであり、パルスMAG法でも他の溶接法でも、溶接条件の設定には細心の注意が必要である。

## 参 考 文 献

- 1) 溶接技術 1983 2月号
- 2) 溶接学会誌 1984 9月号
- 3) 溶接便覧