

## アークセンサによる片面溶接のビード高さ と裏ビード形状の同時自動制御

NKKエンジニアリング研究所 ○杉谷 祐司

大阪大学

牛尾 誠夫

毛 文傑

Automatic control of weld bead shape utilizing arc sensor  
in one-side GMAW with backing plate

By Yuji Sugitani, Masao Ushio, Wenjie Mao

1. はじめに アークセンサを用いた開先の自動倣い技術は近年溶接現場に定着しつつある。一方、アークセンサによる溶接ビード形状制御を目的とした溶接条件の適応制御技術がまだ研究の段階に留まっているのが現状である。本報では、その技術の充実に目的とし、アークセンサにより、開先の倣い（トーチ高さ制御も含む）を行ないながら、裏当て材を有する裏波溶接時に初層ビード形状を所定の形に制御できる溶接条件の適応制御技術の開発結果を報告する。

2. 裏波ビード形成現象 高電流による回転アーク溶接法を用いた裏当て材を有する裏波ビード溶接におけるビード形成機構は実験結果に基づいて図1のようにまとめる。即ち、1) アーク直下に裏当て材までに貫通したキーホールが存在する；2) 開先形状が変化し、キーホールが大きくなる。それと共に裏ビードの高さ、幅も大きくなる；3) キーホールを支配する主な力は熔融池に働くアーク力、高さの差による熔融池の重力ヘッド及び熔融池の表面にある表面張力であると考えられる。いかにこれらの力の平衡を保ち、そのキーホールの寸法を一定に維持するかが裏ビード形状制御の鍵になる。

3. 溶接条件制御法の検討 一般的には、開先形状の変動にかかわらず、一定ビード高さを保つことが望まれる。そのために溶着量の増減が必要となるが、その増減法によって裏ビードの形状に影響を与える度合いが異なると予想される。その影響について、表1のような四種類の溶接条件制御法に基づいて実験的に考察してみた。溶接結果は図2に示している。明らかに制御効果は制御法M4が最も大きい。上記の結果となる原因は図1に基づいて説明する。M4においては、まず開先形状の変化に応じて一定ビード高さを保つようにワイヤ送給速度のみにより溶着量を増減する。従って、重力ヘッドは一定に維持される。また、溶接電流とアーク長が常に一定にしているので、アーク力とアーク入熱量即ち熔融池の表面張力も変わらないと想定される。従って、開先形状が変動しても、ビード高さと共にキーホールの寸法即ち裏ビード形状は一定に維持されたと考えられる。

4. アークセンサによる開先形状の検出法及び制御結果 開先形状の変化による溶接電圧波形の変化を図3に示す。明らかに、アークがCの位置にくる時に溶接電圧は開先の断面積の増大に伴って高くなっている。この原因についても図1に基づいて説明ができる。例えば、ギャップが大きくなり、開先の断面積が大きくなると、ビード高さが低くなるので、重力ヘッドは小さくなって、熔融池の後退をもたらす。その結果、Cにおけるアーク長は長くなるのである。従って、溶接電圧も高くなるわけである。溶接電流の方も同様の変化が生じるが、位相は溶接電圧と逆である。一方、溶接条件制御法M4を用いて溶接する場合では、熔融池表面に働くアーク力と表面張力が一定であるので、熔融池後退を起こす原因は熔融池重力ヘッドの低下つまり開先断面の拡大のみに限られる。そこで、アークセンサによる開先形状の変化の検出ができるようになるわけである。

図4はアークセンサと溶接条件制御法M4により構成したビード形状自動制御システムによる溶接結果を示している。図のように、ルートギャップがテーパー状で0から3mmまでに変化すると、溶接電圧、ワイヤ溶融速度及びワイヤ突き出し長がほぼ予定どおりに制御されている。同図には対応した溶接ビードの外観も示している。ビード高さと裏ビード形状はほぼ一定に保っていることが明らかである。

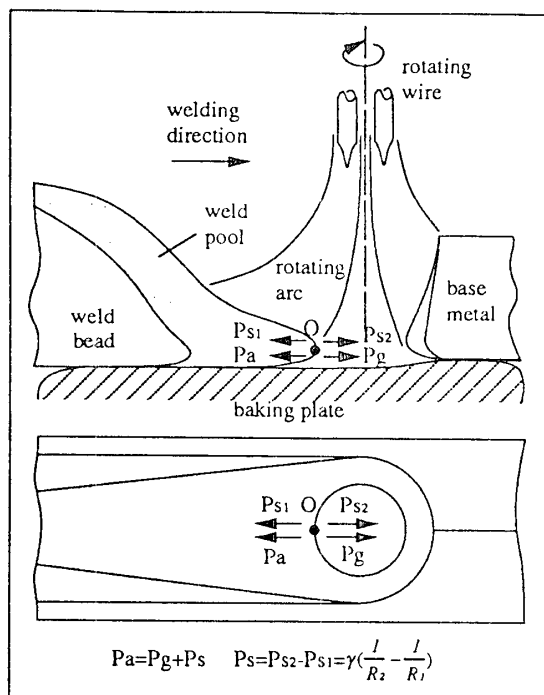


Fig.1 Formation of the weld bead in high current and high speed rotating arc welding process

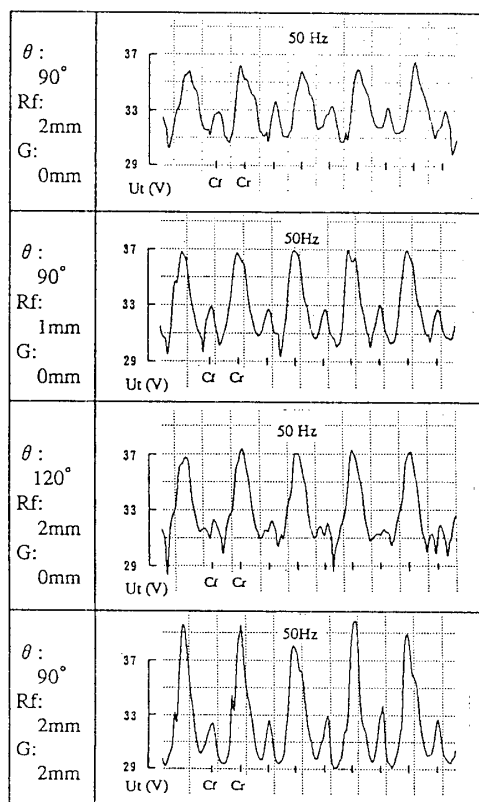


Fig.3 Detection of arc voltage influenced by groove shape variation

Table.1 Welding parameters control methods for holding weld bead height constant

control method	welding parameter					effect of weld. par. on force			heat input	
	Ia	Vw	Vf	Ut	Le	Pa	Ps	Pg	Qw	Qa
M1	—	↓	—	—	—	—	↓	—	↑	↑
M2	↓	↓	↓	↓	—	↓	↓	—	↑	↑
M3	↓	↓	—	↓	↑	↓	↑	—	—	↓
M4	—	—	↑	↑	↑	—	—	—	↓	—

Note: 1. To assume root gap increasing 2. ↑: increase ↓: decrease —: constant  
3. Arc length to be kept constant by calculation

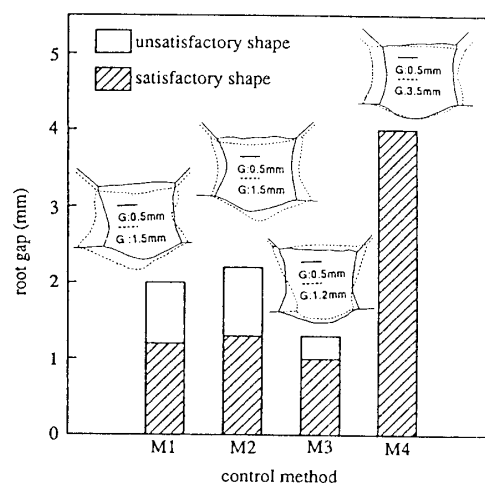


Fig.2 Comparison of bead shape control results in one-side welding utilizing the four welding parameter control methods

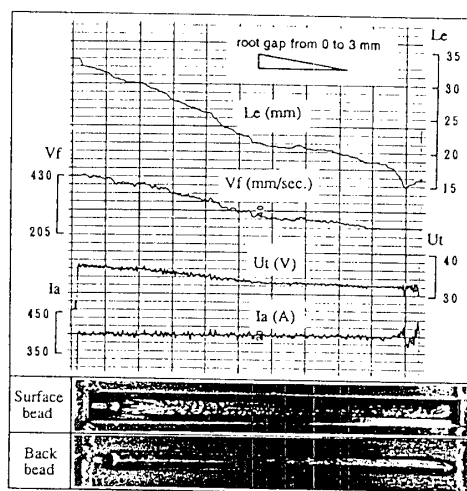


Fig.4 Dynamic response of the adaptive control system of weld bead to root gap change