

124 ガスメタルアーク溶接の溶滴移行について

北見工業大学

竹内貞雄

榛 徹夫

二俣正美

1. はじめに

ガスメタルアーク溶接の溶滴移行現象に関する多くの研究報告があるが、プラズマ気流の効果については十分明らかにされていない。そこで本研究では、MIG溶接におけるグロービュラー移行とスプレー移行に注目し、その溶滴駆動力を溶接アークの高速度撮影とプラズマ気流の動圧測定にもとづいて検討した。

2. 実験装置

図1に実験装置の構成を示す。溶接条件は、軟鋼ワイヤ1.6mmを使用しチップ母板間距離20mm、溶接速度30cm/minで板厚9mmの軟鋼SS41材に対するビードオンプレート溶接である。高速度撮影は140Aのキセノン背光装置を用いて駒速度4500f/sとした。また溶接中のアーク圧力(動圧)測定のため、図1(b)に示すようにφ3mmの貫通孔を有する母板に対するアーク通過中のアーク圧力を測定し、アークの中心圧力Pを検出した。

3. 溶滴の移行速度

高速度撮影によって得られた溶滴移行距離と時間の関係を図2に示す。実線は外挿2次曲線であり時間の2次関数で良く近似できる。このことから、アーク空間中の移行溶滴は一定の力を受け等加速度運動をしている。この外挿から得られる初速度 v_0 ($t=0$)と母板到達終速度 v_f を図3に示す。溶接電流が増すと共に初速度は大きく増大するが終速度との差はほとんど一定である。これから小電流のグロービュラー型ではアーク空間中の加速の影響が大きい、スプレー型ではワイヤ離脱時の初速度が終速度に大きく影響することが分る。

4. アーク空間中の移行溶滴に働く力

アーク空間中の移行溶滴が受ける力には、プラズマ気流駆動力、重力、溶接電流による直接的電磁力が考えられる。プラズマ気流駆動力は溶接時に検出される母板上アーク圧力(動圧)によって評価できる。そこで図1(b)の方法によって得られるアーク圧力値Pと溶滴

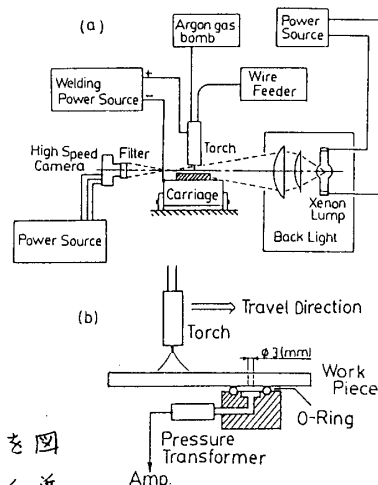


図1 実験装置の構成

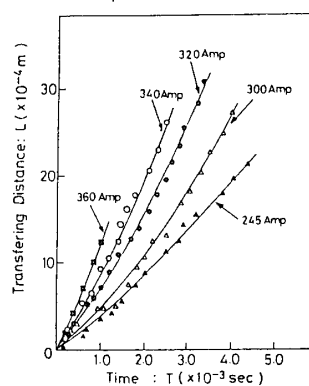


図2 移行距離と時間の関係

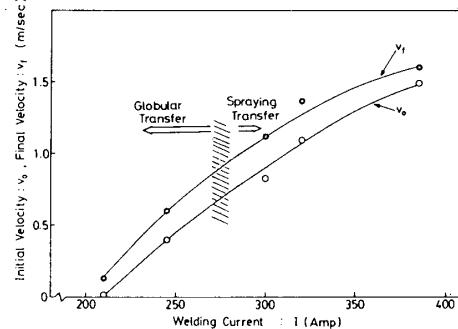


図3 溶滴移行速度と溶接電流の関係

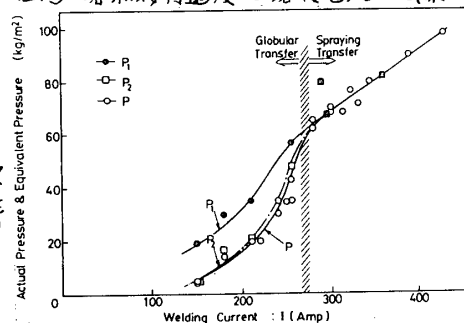


図4 動圧力と等価的圧力の比較

移行の加速度より求まる等価的圧力を比較した。

$$P_1 = F/\pi R^2 = m\alpha/\pi R^2 \text{ -----(1)}$$

m : 溶滴の質量, α : 加速度, R : 溶滴半径。また重力を差し引いた等価的圧力は

$$P_2 = m(\alpha - g)/\pi R^2 \text{ -----(2)}$$

図4に結果を示す。アーク中心圧力と、重力を含まない等価的圧力は非常に良く一致する。このことから、グロービュラー型ではプラズマ気流と重力による加速を受けており、スプレー型ではプラズマ気流の加速が支配的となり重力の効果は極めて小さい。また直接的電磁力の影響は極めて小さい。

5. ワイヤ端での溶滴離脱過程に働く力

ワイヤ端の溶融金属に働く力には、溶滴離脱の促進力として電磁力 F_E 、重力 F_G 、プラズマ気流駆動力 F_P があり、溶滴離脱の抑制力として表面張力 F_S が考えられる。溶滴に対する駆動力を F_D とすると

$$F_D = F_E + F_G + F_P - F_S \text{ -----(3)}$$

(3)式を用いる手法として、溶滴の生成から離脱までの時間積分(運動量) $M = \int_0^t F dt$ で表わすと

$$M_D = M_E + M_G + M_P - M_S \text{ -----(4)}$$

ここで M_D は溶滴離脱の初速を用いて $M_D = m v_0$ である。他の項の算定法は図5に示す。電磁力 F_E は未知量として扱うが値の妥当性をみるため F_{E1} と F_{E2} の値を参考値として求めた。 F_P は溶滴に対する気体摩擦の式より計算した(15000°Cの仮定。流速 V は測定アーク圧力から算出)。 F_S はくびれの直径 D_1 を用いた。更に時間平均的力 $\bar{F} = M/\Delta t$ は

$$\bar{F}_D = \bar{F}_E + \bar{F}_G + \bar{F}_P - \bar{F}_S \text{ -----(5)}$$

(4)(5)式から未知量 M_E , $\bar{F}_E$ を求め、すべての値を列挙したのが図6, 図7である。図6より、離脱の運動量 M_D は電流値に依存せずほぼ一定である。重力、表面張力、電磁力、プラズマ気流駆動力に関する運動量は電流値増大と共に大きく減少し、スプレー域で小さな値をとる。これは溶滴離脱速度が増大するにも拘らず溶滴径が急激に小さくなるためである。また図7より離脱力 $\bar{F}_D$ はスプレー域で大きくなる。 M_D と $\bar{F}_D$ の比較から、スプレー移行ではグロービュラー移行に比べ溶滴離脱力が短時間内に加わる事が分かる。図7から、溶滴離脱へのプラズマ気流の寄与は非常に小さい。表面張力は、全体的に大きな値をとり電流値の増大とともにゆるやかに減少する。未知量として得られる電磁力 $\bar{F}_E$ は、電流値の2乗に比例する(実験式 $\bar{F}_E = 0.25 I^2$)。重力 $\bar{F}_G$ の溶滴離脱への寄与はグロービュラー移行ではスプレー移行に比べて大きい。以上のことから、スプレー移行では溶滴離脱を促進する力として電磁力が支配的であり、重力、プラズマ気流駆動力による寄与は非常に小さい。一方、グロービュラー移行では、電磁力とともに重力による寄与が加わる。

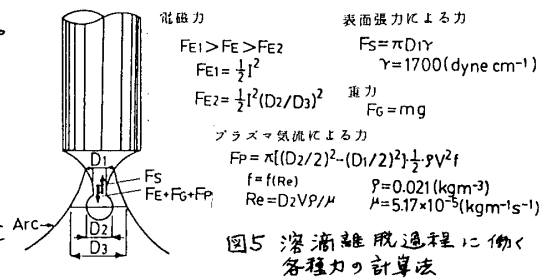


図5 溶滴離脱過程に働く各種力の計算法

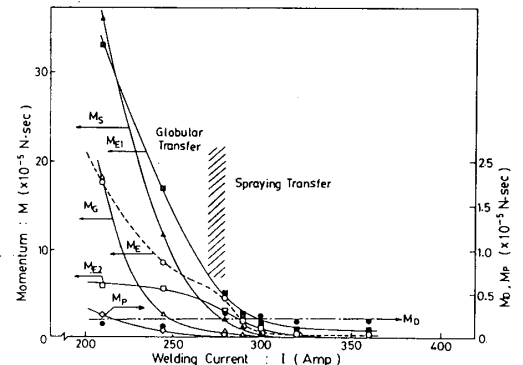


図6 種々の力の運動量と電流の関係

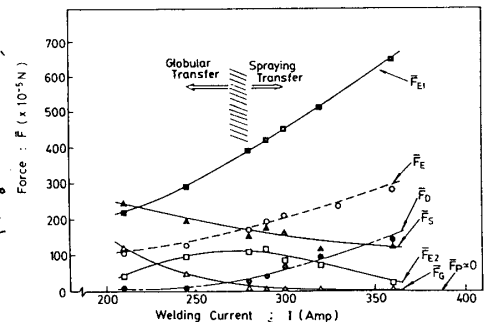


図7 種々の平均的力と電流の関係