

川崎製鉄(株)技術研究所

寺嶋久栄

○落合憲一郎

坪井潤一郎

## 1. まえがき

窒素が溶接金属のじん性に著しい影響を与えることはよく知られている。溶接金属中窒素量を正確に制御するためには溶接過程における窒素吸収機構を明らかにする必要がある。ここでは、ワイヤおよび母材中窒素量、フラックス組成および溶接条件が溶接金属中窒素量におよぼす影響について検討し、サブマージアーク溶接過程における窒素吸収機構について考察した。

## 2. 供試材および実験方法

フラックスは、塩基度  $B_L$  の異なる2種類の溶融型  $FA$  ( $B_L \approx -0.3$ )、 $FB$  ( $B_L \approx 1.2$ )、 $CaO-SiO_2-Al_2O_3$  系の焼成型  $BA$  ( $B_L \approx 0$ )、 $BB$  ( $B_L \approx 1.6$ ) と  $BA$  に  $MgO$ 、 $CaCO_3$  および  $CaF_2$  を単独に添加したものをを用いた。これらのフラックスと窒素量の異なる4種類の  $Si-Mn$  系ワイヤ ( $4.8\text{ mm } \phi$ ) を組合わせて軟鋼板 ( $1.9\text{ mm t}$ ) 上に  $600\text{ A}$ 、 $32\text{ V}$ 、 $20 \sim 100\text{ cm/min}$  の条件で1パスビード置き溶接を行なった。各試料について溶接金属中窒素量、酸素量および母材溶融率を求め、一部のフラックスおよびスラグを窒素分析に供した。なお、溶接金属中窒素量は高温溶融-熱伝導度法で、フラックスおよびスラグ中窒素量はポンプ法(塩酸+弗酸)で求めた。また、スラグを  $Ar-N_2$  雰囲気でタングステンアーク溶融し、その窒素吸収挙動を調べた。

## 3. 実験結果

溶接金属中窒素量  $[N]_M$  をワイヤと母材から溶接金属に供給される窒素量  $[N]_e$  で整理したものが図1である。ここで、 $[N]_e$  は  $(1-A) \cdot [N]_W + A \cdot [N]_P$  で表わされ、 $[N]_W$ 、 $[N]_P$  はそれぞれワイヤ、母材中窒素量、 $A$  は母材溶融率である。 $[N]_M$  は  $[N]_W$ 、 $[N]_P$  いずれが変化しても  $[N]_e$  とともにほぼ直線的に増加するが、溶融型フラックス  $FB$  では  $[N]_M$  は  $[N]_e$  より幾分高い傾向を示した。

溶接電流、電圧が  $[N]_M$  におよぼす影響を調べた結果、これらの影響はほとんど認められなかった。図2は  $\Delta N_M (= [N]_M - [N]_e)$  および  $\Delta N_S$  (スラグ中窒素量  $[N]_S$  - フラックス中窒素量  $[N]_F$ ) と溶接速度の関係を示したものであり、焼成型フラックスでは溶接速度による  $\Delta N_M$ 、 $\Delta N_S$  の変化は認められない。いっぽう、溶融型フラックスでは塩基度の高い  $FB$  において高速度になるほど  $\Delta N_M$  が増す傾向を示した。図中には  $Ar$  置換した可変雰囲気調整装置内でフラックス  $FB$  を用いて速度  $65\text{ cm/min}$  で溶接した場合の  $\Delta N_M$

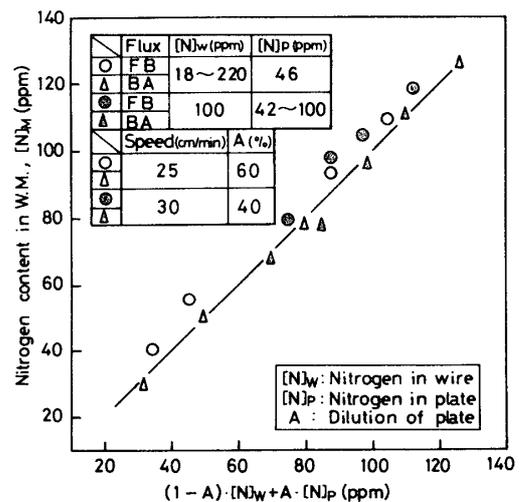


図1. ワイヤおよび母材中窒素と溶接金属中窒素の関係

を併記したが、 $\Delta N_M$  は負となり、高速化に基づく  $\Delta N_M$  増加がアーク空洞への空気の侵入によることを示した。

ガスシールドアーク溶接金属においてはアーク雰囲気からの窒素吸収量は溶接金属中酸素量が多いほど増すことが知られているが、本実験では図3に示すように、アーク雰囲気からの窒素吸収が生じたフラックスFBでは溶接速度による酸素量の変化は認められなかった。したがって、溶接速度が増すほどアーク空洞への空気の侵入率は増大し、その結果  $\Delta N_M$  が増大すると考えてよい。

図4はAr-2% N<sub>2</sub>雰囲気でスラグをタングステンアーク溶融した場合のスラグの窒素吸収量を示したものであり、スラグのみではアーク雰囲気からの窒素吸収は全く生じないが、溶融金属と共存する場合にはかなりの窒素がスラグに吸収されることがわかった。したがって、図2の溶接速度による  $\Delta N_S$  増加は、スラグが直接アーク雰囲気から窒素を吸収したものではなく、一度溶融金属に溶解した窒素がスラグ中に移行したものと考えられ、サブマージアーク溶接においてはワイヤ、母材およびアーク雰囲気から溶融金属に溶解した窒素の一部がスラグ中に移行する窒素吸収機構を考えることができる。

アーク雰囲気からの窒素吸収がほとんど生じない焼成型フラックスを用いてフラックス中のMgO、CaCO<sub>3</sub>およびCaF<sub>2</sub>が[N]<sub>M</sub>におよぼす影響を調べた結果が図5であり、CaCO<sub>3</sub>およびCaF<sub>2</sub>による[N]<sub>M</sub>の変化は認められず、MgOが増加したときにのみ[N]<sub>M</sub>は漸減した。これは窒素の溶融金属-スラグ間の分配がスラグ組成によって異なることを示すものと考えられる。

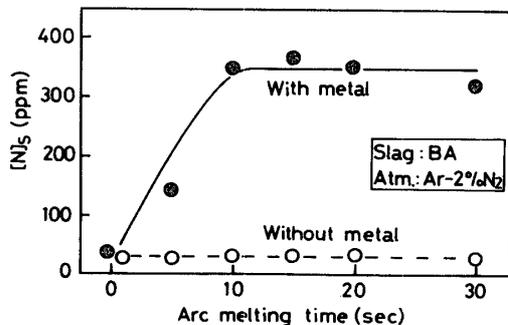


図4 アーク溶融スラグの窒素吸収

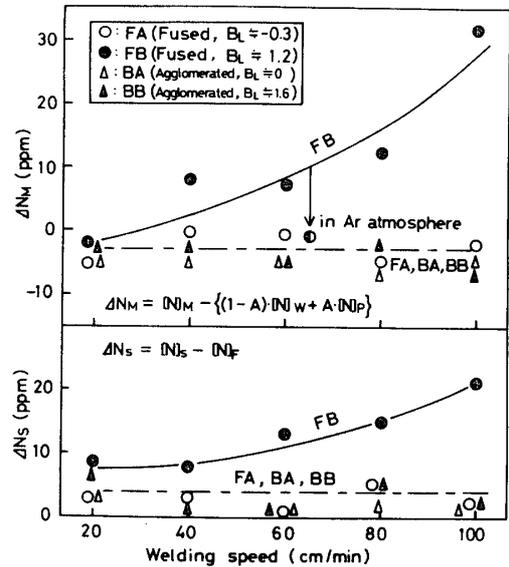


図2  $\Delta N_M$  および  $\Delta N_S$  におよぼす溶接速度の影響

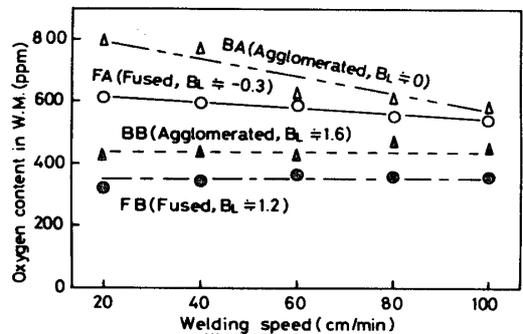


図3 溶接金属中酸素量と溶接速度

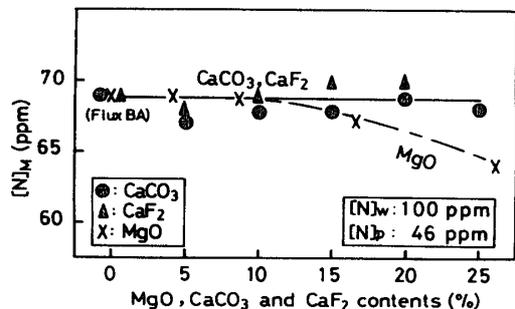


図5 溶接金属中窒素量におよぼすフラックス組成の影響 (フラックス中CaO:一定)