

アーク溶解時における Fe-Ta, Fe-Nb, Fe-Co, Fe-Ni および Fe-Si 系 2 元合金中への窒素溶解量

金属材料技術研究所 宇田 雅広
○大野 悟

1. 緒言

著者は先に Fe-Cr および Fe-V 合金について、低窒素分圧下 ($P_{N_2}=0.01\text{atm}$ 以下) における窒素溶解量におよぼす上記合金元素の影響について報告した。すなわち、窒素溶解量は Cr あるいは V 元素の増加とともに一時減少し、再び増加するという特異現象が見出されたが、その時点ではその原因を明らかにすることができなかった。

本研究では、平衡測定で窒素溶解量を増大させる元素として知られている Ta, Nb, 影響力の小さい元素である Ni, Co, および溶解量を減少させるか、かつ脱酸性の強い元素である Si を添加した Fe-X 系 2 元合金について窒素溶解量 (アーク溶解) を測定した。これらの合金も Fe-Cr, Fe-V 系合金の場合と同様窒素溶解量に特異現象が現われた。このような窒素溶解量の特異現象 (平衡測定と比較して) は、前報の表面活性成分の影響を考慮に入れた窒素の溶解機構を用いることによって矛盾なく説明できることがわかった。

2. 実験方法

Fe-Ta, Fe-Nb, Fe-Ni, Fe-Co および Fe-Si 合金は真空溶解により溶製し試料とした。試料約 1g をアーク溶解装置内に入れ、所定の N_2 -Ar, および N_2 - H_2 -Ar 雰囲気中でアーク電流 180A, 電圧 15~17V, 正極性で約 2 分間溶解した。凝固試料の窒素分析は JIS Gr-1228-1962 にもとづく Kjeldahl 法によって行なった。

3. 実験結果および考察

Fig.1. に Fe-Ta, Fe-Nb, Fe-Ni, Fe-Co および Fe-Si 系 2 元合金の窒素溶解量 (アーク溶解) におよぼす合金成分の影響を示す。Fe-Ta の場合、窒素溶解量は Ta 濃度の増加により一旦低下し 2% Ta 附近から増加し始めている。なお、同一雰囲気 (3% N_2 -Ar) 中に 5% の水素を添加した場合の窒素溶解量は全体に著しく低下している。元来、Ta は窒素溶解量を増大させる元素であるが、同時に脱酸性元素であるため、溶鉄中の酸素濃度を低下させる。したがって、前報の考察の通り、この場合も溶鉄中の酸素濃度の変化が窒素溶解量に大きく影響する。Ta 濃度の増加とともに一旦窒素溶解量が低下する現象は、Ta による窒素溶解量増加傾向よりも、脱酸による影響が強くと現われ、酸素濃度低下による窒素溶解量減少が優先したためである。2% Ta 以上からの窒素溶解量増加は、Ta による影響が現われたためである。また、5% H_2 を添加した場合には水素による脱酸現象により酸素量が一様に低下し、窒素溶解量を低減させたものと考えられる。

Fe-Nb の場合、Nb は Ta のように脱酸性は強いが窒素溶解量を増大させる元素である。したがって、Nb 含量の増加とともに窒素溶解量は増大している。5% H_2 を添加した場合には、Fe-Ta の場合と同様に窒素溶解量は一様に低下し、Nb 含量に対してわずかに増加する傾向を示している。

Fe-Niの場合、Niは極めて脱酸性の弱い元素であり、窒素溶解量を僅かに減少させる元素として知られている。Fig. 1.に示すように、窒素溶解量にはバラツキがあるが、Ni含量とともに窒素溶解量は減少している。5% H_2 添加の場合、窒素溶解量は一様に低下している。Fe-Coの場合もNiの場合と同様の傾向を示す。

Fe-Siの場合、Siは脱酸剤としてよく知られた元素であり、また、窒素溶解量を減少させる元素でもある。Fig. 1.に示すように、窒素溶解量は2%Si近傍まで急激に低下し、その後Si含量の増加とともに徐々に溶解量を低減させている。この現象も、他の場合と同様に最初は脱酸による窒素溶解量低下の影響が優先し、次にSi自身による窒素溶解量低減が現れたものと説明される。このことは、雰囲気中に水素を添加した場合、一様に窒素溶解量は低下し、Si自身による影響のみが現れていることから理解しうる。

4. 結語

以上の実験結果により、アーク溶解時における窒素溶解量は2つの因子によって左右されることがわかった。すなわち、そのカ1の因子は表面活性成分としての酸素の影響であり、溶鉄中の酸素濃度200ppmを境にしてそれ以下では窒素溶解量は極めて小さく(300ppm)、それ以上600ppm Q までは急激に増大(300~700ppm N)していることが前報で示された。例えば、Fe-Ta系では合金中の酸素濃度は2%Taで150ppm Q 、3.77%Taでは130ppm Q であり、これは窒素溶解量に対してTa成分による増大作用よりも、脱酸のための酸素濃度低下による減少作用が強く現れたものと解釈される。Fe-Nb系では、1.2%Nbで370ppm Q 、4.5%Nbで340ppm Q とTaに比して脱酸力は弱く、しかも酸素濃度はいつれも200ppmより大きいため、高窒素溶解量を与えたものと考えられる。この溶鉄中の酸素濃度は、厳密にはFe-X系2元合金中の酸素の活量で示されるべきものである。

カ2の因子は、製鋼反応で求められているX元素の溶鉄の窒素溶解量を実験的に規定する相互作用助係数 $e_{Ni}^{(X)}$ で示されるものであり、この正・負によって窒素溶解量の減増が決まるわけである。このように、前報で報告したアーク溶解時の窒素溶解機構を用いて、本実験結果を矛盾なく説明することができた。

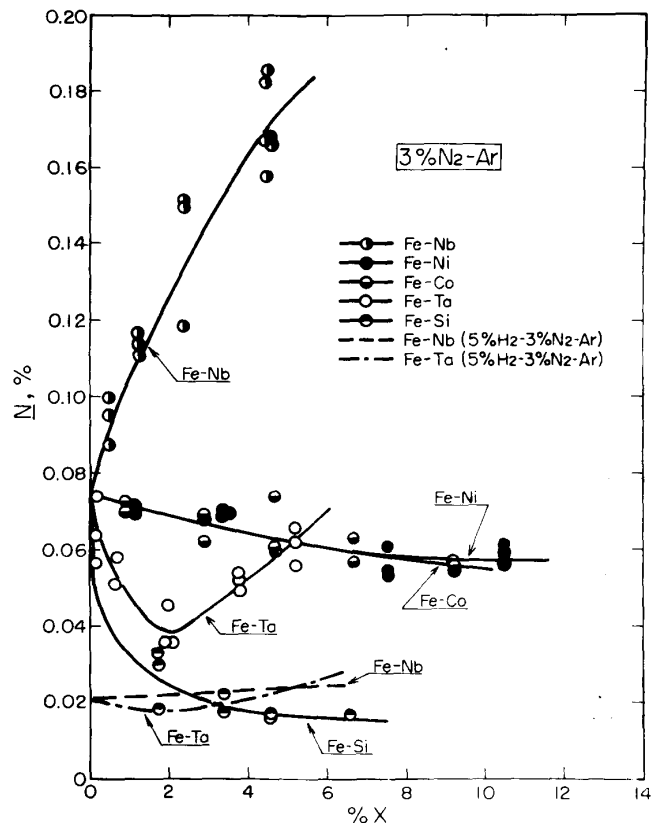


Fig.1. Summary of nitrogen solubility in arc melting of Fe-X alloys.