

114 レーザ溶接過程における鉄およびステンレス鋼の窒素吸 に及ぼす溶接条件の影響

東北大学大学院工学研究科 ○董 偉、粉川博之、佐藤 裕
金属材料技術研究所 塚本 進

Nitrogen Absorption by Iron and Stainless Steel during Laser Welding
by Wei Dong, Hiroyuki Kokawa, Yutaka S. Sato and Susumu Tsukamoto

1. 緒言

レーザー溶接過程における熔融金属と雰囲気ガスの反応に関する報告はまだ少ないが、著者らの研究^{1,2)}から、レーザー溶接過程における鉄およびステンレス鋼溶接金属の窒素の吸収および放出がアーク溶接過程に比べて小さいことが示唆された。しかし、レーザー溶接過程の窒素の挙動の詳細はまだ不明な点が多い。そこで本研究では、窒素を含む雰囲気中でYAGおよび炭酸ガスレーザー溶接金属の窒素量に及ぼす溶接条件の影響を調べた。その結果を、平衡状態およびアーク溶接過程と比較し、レーザー溶接過程における溶接金属の窒素吸収機構について検討を行った。

2. 実験方法

Table 1 に示す化学組成の鉄およびFe-20Cr-10Ni 合金板状試験片を、溶接雰囲気調整用チャンバー内でYAGおよび炭酸ガスレーザーによる1パスのメルトラン溶接を行った。YAGレーザー溶接の条件は、レーザー出力: 3.5kW、シールドガス流量: 50L/min、フォーカス位置を試料表面とした。CO₂レーザー溶接の条件は、レーザー出力: 5kW、シールドガス流量: 8~25L/min、フォーカス位置を試験片表面から0~17mmの範囲で変化させた。溶接雰囲気はアルゴンと窒素の混合ガスで、全圧を0.1MPaとして、窒素分圧を0~0.1MPaの範囲で変化させた、溶接は雰囲気と同じガス組成のシールドガスを流しながら行った。溶接金属のみから分析試料を切り出し、不活性ガス中溶融ガスクロマトグラフ法により窒素量を求めた。

3. 実験結果

YAGおよび炭酸ガスレーザーを行った鉄およびFe-20Cr-10Ni 鉄合金溶接金属の窒素量と雰囲気中の窒素分圧の平方根の関係をそれぞれFig.1とFig.2に示す。比較のために、同じ材料のアーク(GTA)溶接の結果と平衡窒素溶解度の計算値が示してある。アーク溶接金属とレーザー溶接金属の幅が近くなるように、溶接電流150A、アーク長1mm、溶接速度3.3mm/sの条件でGTA溶接を行った。なお、ここでの平衡窒素溶解度の計算では金属蒸気の影響を無視している。レーザー溶接金属の窒素量は、いずれも窒素分圧の増加とともに徐々に増加するが、炭酸ガスレーザーの方がYAGレーザーより高くなる傾向にある。しかし、アーク溶接に比べるとかなり低い。Fig.3にレーザー溶接金属の窒素量に及ぼすフォーカス位置の関係並びにキーホール型および熱伝導型のレーザー溶接金属断面写真を一緒に示す。キーホール型の窒素量は左矢印で示す平坦な部分に対応し、熱伝導型の方は右矢印で示す平坦な部分に対応する。キーホール型の溶接金属の窒素量は熱伝導型の溶接金属のそれより幾分少ない。熱伝導型のレーザー溶接の場合は、アーク溶接と溶け込み形状とよく似ているが、アーク溶接より窒素量はかなり少ない。これは雰囲気中の解離窒素(N)ガス分圧がアークに比べてレーザーの方が小さいためと推察される。さらに、Fig.4に示すように熱伝導型の場合(フォーカスはずし距離Fd=17mm)、窒素量は溶接速度の増加とともに減少するが、キーホール型(Fd=0mm)の減少が小さいことから、レーザー溶接金属の窒素吸収は表

面部で大きいと考えられる。キーホール中では金属蒸気分圧が高いため、溶融金属表面と接する局所的な窒素分圧が著しく低下し、窒素吸収が抑制させるものと考えられる。

参考文献

- 1) Y.Sato, W. Dong, H. Kokawa and T. Kuwana: Nitrogen Absorption by Iron and Stainless Steels during YAG Laser Welding, ISIJ International, 40(2000), Supplement, S20-S24.
- 2) 董偉, 粉川博之, 塚本進, 佐藤嘉洋: レーザ溶接過程における鉄およびステンレス鋼吸収・放出挙動, 第160回溶接冶金研究委員会資料, (2000), WM-1794-2000, 1-6.

Table 1 Chemical compositions of materials used/mass%

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	O	N
Iron	0.009	0.009	0.003	0.002	0.004	-	-	0.0019	0.0017
Fe-20Cr-10Ni	0.001	0.01	0.01	0.001	0.003	9.939	19.705	0.0007	0.0107

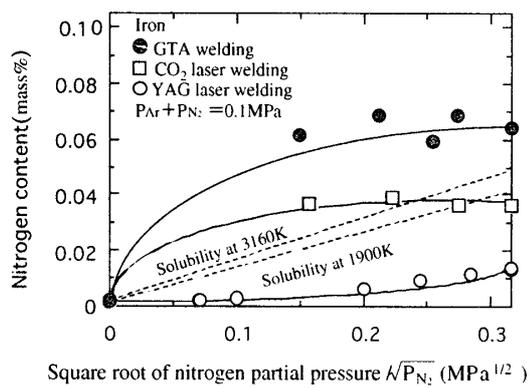


Fig.1 Comparison of nitrogen content of iron during laser and arc welding and equilibrium solubilities.

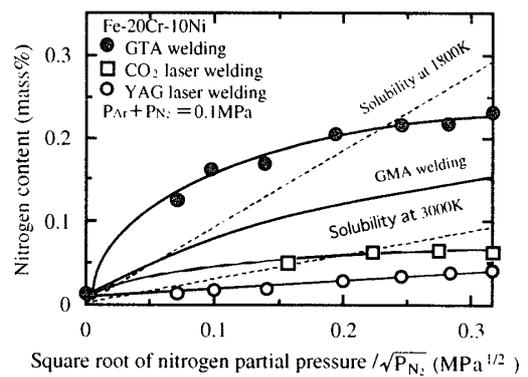


Fig.2 Comparison of nitrogen content of Fe-20Cr-10Ni during laser and arc welding and equilibrium solubilities.

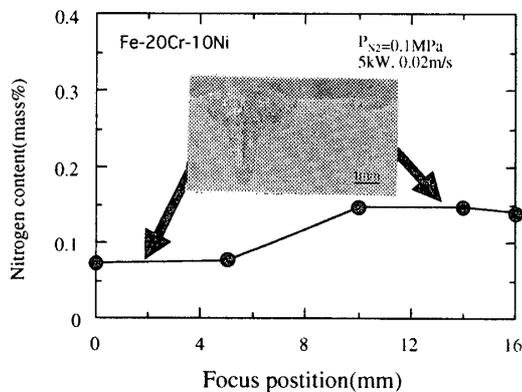


Fig.3 Effect of focus position on nitrogen content of CO₂ laser weld metal.

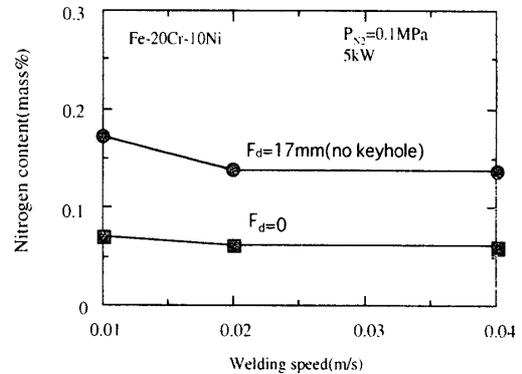


Fig.4 Effects of welding speed and focus position on nitrogen content of CO₂ laser weld metal.