

高濃度窒素鋼の加工 (5)

摩擦溶接の高窒素ステンレス鋼への応用

Friction Welding of High Nitrogen Stainless Steels

菊地 靖志
Yasushi Kikuchi

大阪大学 接合科学研究所 教授

1 背景

高窒素含有ステンレス鋼がすぐれた機械的、化学的性質を有していることが明らかとなり、実用化が検討されてきている。構造物材料として広く利用されるためにはその溶接法が確立され、溶接部の健全性が確保される必要がある。

Fig.1に高窒素鋼を溶融溶接した場合に予想される問題点の概要を示した。左図の溶接金属 (weld metal) においては (1) 溶融金属からの窒素の放出、(2) 高温 (凝固) 割れ、(3) クロム窒化物の析出、(4) ブローホール発生などが、熱影響部 (HAZ) では (1) 粒界での液化割れ、(2) クロム窒化物の析出などが溶接部劣化の原因として考えられる。

右に示した図は母材と同等の窒素含有量の溶接金属を得て、溶融金属からの窒素放出およびブローホール形成を抑止しようとすると高窒素圧力下での溶接が必要となることを示している。

すなわち、母材の窒素含有量が0.3%の時 (横軸)、図上部の条件で溶融溶接しようとすると、点線と矢印で示したようにその時の窒素圧力は1MPaが必要で、0.5%の母材の時は同様矢印と点線から3MPaの高圧窒素雰囲気が必要であることが判る。このような高窒素圧力下での溶接には、耐圧チャンバーなど特別な装置が必要となり、小さな部品では可能でも大きな板材等の溶接には実用的でない。さらに窒素による材料特性の向上には主に固溶窒素の役割が大きいので、材料中の窒素の状態が特性を左右すると考えられる。したがっ

て溶接時の熱履歴の制御が重要となる。

摩擦溶接法は通常大気圧中で行われる固相溶接法であり、溶融溶接法に比較して昇温が抑えられる利点がある。上記の窒化物析出、ガス放出やブローホール形成などが抑制されることが期待される。したがって高窒素ステンレス鋼に適した接合法の一つとして有望である。

本稿では0.27%および0.35%の窒素を含むオーステナイト鋼での実験結果¹⁾について簡単に述べる。

2 実験材料と摩擦溶接方法

用いた高窒素ステンレス鋼 (HNS-1, HNS-2) と比較材とした304および316L鋼の化学成分をTable 1に示す。摩擦溶接はブレーキ式摩擦圧接装置を使用し、同種材どうしを回転数2400 rpm、摩擦圧力70 MPa、摩擦時間4~10 s、アプセット圧力150 MPa、およびアプセット時間6 sの条件で実施した。溶接材料の接触部の直径は16 mmとした。

3 結果と今後の展開

Fig.2にHNS-1どうしを摩擦時間15秒で接合した時の接合部近傍の組織を示す。

写真からも判るように気孔や割れといった溶接欠陥は用いた接合条件下では認められなかった。同図の (a) から明らかなように界面付近では組織が均一でない。したがってここを3つの部分に分けて観察した。すなわち

Region I : 塑性変形された部分で小さな再結晶組織

Background

Problems in fusion welded nitrogen-bearing stainless steels

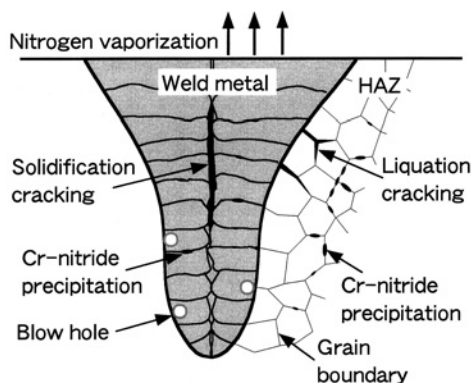
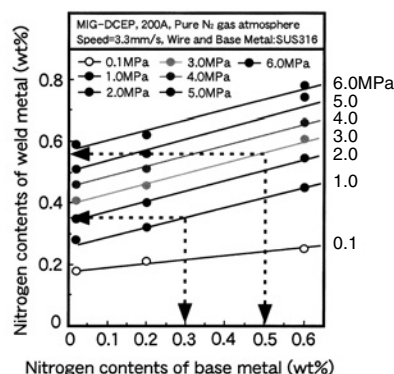

Relationship between N₂ pressure and nitrogen content of weld metal


Fig.1 Schematic illustration of background

Table 1 Chemical compositions of base materials (mass%)

Materials	N	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	O	Al
HNS-1	0.272	0.011	0.19	1.50	0.019	0.0023	<0.01	9.02	22.02	<0.01	0.01	0.004
HNS-2	0.356	0.012	0.21	1.50	0.022	0.0026	0.01	9.03	22.04	<0.01	0.01	<0.002
SUS304	0.027	0.025	0.36	1.45	0.038	0.0050	-	10.2	18.15	0.27	0.001	-
SUS316L	0.034	0.026	0.29	1.28	0.037	0.0230	-	12.0	16.23	2.01	0.0078	-

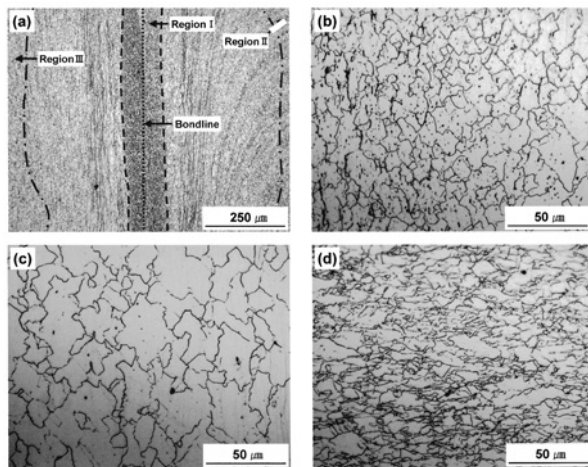


Fig.2 Optical microstructures of HNS-1 joint produced with friction time of 15seconds
(a) low magnification of friction weld, (b) high magnification of Region I in (a), (c) high magnification of Region II in (a) and high magnification of Region III in (a)

Region II：Iの領域よりやや粒径は大きい。摩擦溶接のアプレット圧力により部分的に変形を受けている。

Region III：変形の受けていない母材組織

本溶接法は基本的に固相状態での短時間における接合であり、窒化物が出来るのかどうか興味がある。透過電顕によって接合部を調べた結果Region Iで Cr_2N および CrN の二種類の窒化物が粒界に析出することが判った。このような窒化物の存在は継手の引張り強さに影響する。当然ながら窒化物が多くなると強さは低下するようになる。

次に摩擦溶接継手の引張り試験結果をFig.3に示す。図中には比較材として用いた304および316L材での結果も示してある。HNSと比べると引張り強さは大きく下回っている。HNS系では窒素量の多いHNS-2材が900～1000 MPaの値

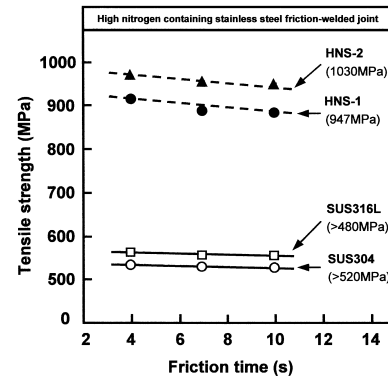


Fig.3 Effect of friction time on the tensile strength of friction welded joints (The tensile strengths of base materials are noted in parentheses)

を示しており継手効率で示すと90%をこえている。HNS-2材でも良い値を示しており、HNSの接合法として摩擦溶接法は適用可能であると考えられる。

今回の実験では大気中で実施しており接合部の酸化がみられた。窒素ガスを用いてシールドする等の工夫が必要であろう。

一方、固相接合法として、拡散接合法の適用も考えられる。この場合は、加熱されるので真空下での条件を用いると窒素の放出が予想される。HNS材は酸素の影響は比較的受けにくいと考えられるので、減圧下で拡散溶接を適用するのではなく、大気圧の不活性ガス中で拡散溶接を行うことなどが考えられる。但し、固相接合法を応用する場合には現況では形状に制限がある。これらのバリアーを解決することにより、HNSの溶接性は改善され、利用範囲が広がるものと期待される。

参考文献

- 1) I. Woo, M. Aritoshi and Y. Kikuchi : ISIJ Int., 42 (2002), 401.

(2002年8月26日受付)