

## 窒素を利用したステンレス鋼の溶接・接合及び表面改質部のミクロ組織制御

著者	粉川 博之
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/41446">http://hdl.handle.net/10097/41446</a>

---

窒素を利用したステンレス鋼の溶接・接合  
及び表面改質部のミクロ組織制御

---

(08455328)

平成8年度～平成10年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)(2)) 研究成果報告書

平成11年3月

研究代表者 粉川博之

(東北大学大学院工学研究科教授)

## はしがき

本研究報告は、科学研究費補助金（基盤研究(B)(2)）を受けて、平成8年度から平成10年度の3年間にわたって研究を行った成果をまとめたものである。

### 研究組織

研究代表者：粉川博之（東北大学大学院工学研究科教授）  
研究分担者：佐藤嘉洋（東北大学大学院工学研究科助教授）  
研究分担者：佐藤裕（東北大学大学院工学研究科助手）

### 研究経費

平成8年度	5,900千円
平成9年度	1,100千円
平成10年度	500千円
計	7,500千円

### 研究発表

#### (1)学会誌等

- ア 粉川博之, 佐藤裕, 桑名武, 進藤裕英: 高窒素ステンレス鋼 JJ1 溶接金属における窒素の挙動, 溶接学会第146回溶接冶金研究委員会資料, WM-1614-96, (1996), 1-9. (平成8年11月6日)
- イ T. Kuwana, H. Kokawa and M. Saotome: Quantitative Prediction of Nitrogen Absorption by Steel During Gas Tungsten Arc Welding, Mathematical Modelling of Weld Phenomena 3, ed.by H. Cerjak, The Institute of Materials, London, (1997), 64-81. (平成9年1月1日)
- ウ 佐藤裕, 粉川博之, 桑名武: 二相ステンレス鋼溶接金属のシグマ相析出に及ぼす窒素の影響, 溶接学会第152回溶接冶金研究委員会資料, WM-1674-98, (1998), 1-6. (平成10年5月26日)
- エ H. Kokawa, Y. S. Sato, T. Kuwana and Y. Shindo: Behaviour of Nitrogen in High Strength Stainless Steel JJ1 Weld Metal, The 51st Annual Assembly of the International Institute of Welding in Hamburg, (1998), IIW.Doc.IX-1908-98,1-10. (平成10年9月14日)

- オ H. Matsunaga, Y. S. Sato, H. Kokawa and T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Corrosion of Duplex Stainless Steel Weld Metal, Science and Technology of Welding and Joining, 3-5(1998), 225-232. (平成 10 年 10 月 1 日)
- カ 佐藤嘉洋, 粉川博之: 鉄鋼材料のレーザ加工におけるガス吸収, 溶接学会第 154 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1694-98, (1998), 1-12.(平成 10 年 10 月 27 日)
- キ Y. S. Sato, H. Kokawa and T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Sigma Transformation in Duplex Stainless Steel Weld Metal, Science and Technology of Welding and Joining, 4 (1999), in press. (平成 11 年印刷中)
- ク Y. S. Sato and H. Kokawa: Preferential Precipitation Site of Sigma Phase in Duplex Stainless Steel Weld Metal, Scripta Materialia, 40(1999), in press. (平成 11 年印刷中)
- ケ Y. S. Sato, H. Kokawa and T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Sigma Transformation in Duplex Stainless Steel Weld Metal at High Temperatures, Proc. 5th Intern. Conf.on Trends in Welding Research, Georgia, USA, (1999), in press. (平成 11 年印刷中)

## (2)口頭発表

- ア 佐藤嘉洋, 生田敬子, 粉川博之, 桑名 武: 20Cr-10Ni ステンレス鋼溶接金属の窒素および酸素吸収, 平成 8 年度溶接学会春季全国大会概要集, 第 58 集, (1996), 102-103. (平成 8 年 4 月 3 日)
- イ 粉川博之, 佐藤 裕, 桑名 武, 進藤裕英: 高窒素ステンレス鋼 JJ1 溶接金属における窒素の挙動, 溶接学会第 146 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1614-96, (1996), 1-9. (平成 8 年 11 月 6 日)
- ウ 佐藤 裕, 粉川博之, 桑名 武: 二相ステンレス鋼溶接金属の高温変態に及ぼす窒素の影響, 平成 9 年度溶接学会春季全国大会概要集, 第 60 集, (1997), 12-13. (平成 9 年 4 月 9 日)
- エ 佐藤 裕, 粉川博之, 桑名 武: 二相ステンレス鋼溶接金属の高温変態に及ぼす窒素の影響, 第 134 回日本鉄鋼協会秋季講演大会, 材料とプロセス CAMP-ISIJ, 10-6 (1997), P.1439. (平成 9 年 9 月 26 日)
- オ 佐藤 裕, 粉川博之: 二相ステンレス鋼溶接金属組織の結晶方位学的特徴, 平成 9 年度溶接学会秋季全国大会概要集, 第 61 集, (1997), 428-429. (平成 9 年 9 月 29 日)
- カ H. Kokawa, Y. S. Sato, T. Kuwana and Y. Shindo: Behaviour of Nitrogen in High Strength Stainless Steel JJ1 Weld Metal, 第 136 回 JIW 第 IX 委員会, JIW-IX-622-98, (1998). (平成 10 年 3 月 6 日)
- キ 粉川博之: 二相ステンレス鋼溶接金属の組織と諸特性に及ぼす窒素の影響, 第 135 回日本鉄鋼協会春季講演大会, 材料とプロセス CAMP-ISIJ, 11-3(1998), P.463. (平成 10 年 4 月 1 日)

- ク 佐藤 裕, 粉川博之, 桑名 武: 二相ステンレス鋼溶接金属のシグマ相析出に及ぼす窒素の影響, 溶接学会第 152 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1674-98, (1998), 1-6. (平成 10 年 5 月 26 日)
- ケ Y. S. Sato, H. Kokawa, T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Sigma Transformation in Duplex Stainless Steel Weld Metal at High Temperatures, The 5th International Conference on Trends in Welding Research, Callaway Gardens Resort, Pine Mountain, Georgia, USA, 1-5 June, (1998). (平成 10 年 6 月 4 日)
- コ H. Kokawa, Y. S. Sato, T. Kuwana and Y. Shindo: Behaviour of Nitrogen in High Strength Stainless Steel JJ1 Weld Metal, The 51st Annual Assembly of the International Institute of Welding in Hamburg, (1998), IIW.Doc.IX-1908-98,1-10. (平成 10 年 9 月 14 日)
- サ 佐藤嘉洋, 粉川博之: レーザ溶接金属の窒素及び酸素吸収挙動, 平成 10 年度溶接学会秋季全国大会概要集, 第 63 集, (1998), 282-283. (平成 10 年 10 月 9 日)
- シ 佐藤嘉洋, 粉川博之: 鉄鋼材料のレーザ加工におけるガス吸収, 溶接学会第 154 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1694-98, (1998), 1-12. (平成 10 年 10 月 27 日)
- ス 粉川博之: レーザ溶接金属の窒素吸収, 日本鉄鋼協会フォーラム「鉄鋼材料への窒素添加の影響」第 4 回研究会, (1999). (平成 11 年 4 月 2 日予定)

### (3) 出版物

- ア 粉川博之: アーク溶接過程におけるガス吸収の定量予測 - 窒素吸収 -, 各種接合加工における予測理論の構築, 大阪大学接合科学研究所, 黒木出版, (1997), 59-66.

## 研究 成 果

ステンレス鋼の溶接・接合及び表面改質過程における窒素の吸収及び放出挙動は、オーステナイト/フェライト相比や固溶及び窒化物析出を左右し、ミクロ組織及び諸性質に極めて大きな影響を与える。従って、同過程における窒素の挙動の制御が溶接・接合及び表面改質部の諸特性の改善に有効と考えられるが、その基礎的情報は少ない。そこで本研究は、窒素ガスを含む種々の溶接雰囲気下で各種ステンレス鋼の溶接・接合及びレーザー表面改質を行い、諸性質の変化を系統的に調べることによって、ミクロ組織を制御するための基礎的資料を得ることを目的として行われた。得られた結果の概要を以下に示す。

- 1、熱力学に基づいてアーク溶接における鉄合金の窒素吸収の定量予測式を構築しステンレス鋼に適用した。すなわち、アーク溶接時の熔融池の温度を液相線より 100K 高いと仮定して合金組成の関数として表し、その温度での窒素 0.1MPa 雰囲気における平衡窒素溶解度を求め、溶接金属の窒素量の実測値との差を Cr 量の関数で表し、鉄合金溶接金属の窒素の定量式を作成した。それをアルゴン窒素混合ガス溶接雰囲気の場合に拡張し、ステンレス鋼溶接金属の窒素量の場合に適用した結果、実測値と良く一致した。

[掲載論文]

- 1) T. Kuwana, H. Kokawa and M. Saotome: Quantitative Prediction of Nitrogen Absorption by Steel During Gas Tungsten Arc Welding, Mathematical Modelling of Weld Phenomena 3, ed.by H. Cerjak, The Institute of Materials, London, (1997), 64-81.
- 2) 粉川博之: アーク溶接過程におけるガス吸収の定量予測 - 窒素吸収 -, 各種接合加工における予測理論の構築, 大阪大学接合科学研究所, 黒木出版, (1997),59-66.

- 2、レーザー溶接時のステンレス鋼溶接金属の窒素および酸素吸収挙動を調べた結果、アーク溶接の場合と比べて窒素および酸素ともに吸収量が著しく少なかった。レーザー溶融過程の窒素および酸素の吸収・放出挙動を熱力学的に検討した。

[掲載論文]

- 3) 佐藤嘉洋, 粉川博之: 鉄鋼材料のレーザー加工におけるガス吸収, 溶接学会第 154 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1694-98, (1998), 1-12.

- 3、材料組織と諸特性が窒素量に非常に敏感な二相ステンレス鋼のアーク溶接について種々の検討を行い、以下のような結果を得た。

- (1) 雰囲気中の窒素分圧を制御することによって SUS329J4L スーパー二相ステンレス鋼溶接金属中のオーステナイト/フェライト相比を大きく変えることができた。溶



接金属の機械的特性は窒素量が増加するほど向上した。また、溶接金属の耐食性は窒素量が増加するほど向上した。窒素吸収による耐食性向上の原因を、オーステナイト/フェライト相比、合金成分の分布、窒化物析出などの観点から検討した。

[掲載論文]

4) H. Matsunaga, Y. S. Sato, H. Kokawa and T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Corrosion of Duplex Stainless Steel Weld Metal, Science and Technology of Welding and Joining, 3-5(1998), 225-232.

(2) 二相ステンレス鋼溶接金属の恒温熱処理過程において、母材に比べて溶接金属の方がシグマ相析出が遅かった。また、溶接金属の窒素量が多く初期フェライト量が少ないほど、シグマ相析出量が急激に増加する時間は早く、また最終的なシグマ相析出量は少なくなった。

[掲載論文]

5) 佐藤 裕, 粉川博之, 桑名 武: 二相ステンレス鋼溶接金属のシグマ相析出に及ぼす窒素の影響, 溶接学会第 152 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1674-98, (1998), 1-6.

6) Y. S. Sato, H. Kokawa and T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Sigma Transformation in Duplex Stainless Steel Weld Metal, Science and Technology of Welding and Joining, 4 (1999), in press.

7) Y. S. Sato, H. Kokawa and T. Kuwana: Effect of Nitrogen on Sigma Transformation in Duplex Stainless Steel Weld Metal at High Temperatures, Proc.5th Intern.Conf.on Trends in Welding Research, Georgia, USA, (1999),in press.

(3) 窒素量の異なる二相ステンレス鋼溶接金属の高温変態挙動について調べ、フェライトのオーステナイトおよびシグマ相への変態に及ぼす窒素の影響を明らかにした。さらに、フェライト/オーステナイト界面でのシグマ析出が、界面構造に依存することを示し、界面制御によるシグマ脆化抑制の可能性を示唆した。

[掲載論文]

8) Y. S. Sato and H. Kokawa: Preferential Precipitation Site of Sigma Phase in Duplex Stainless Steel Weld Metal, Scripta Materialia, 40(1999), in press.

4、高窒素高強度オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属の機械的性質に及ぼす窒素の影響を調べた。すなわち、核融合炉用超電導コイル支持構造材料として開発された高強度オーステナイト系ステンレス鋼 JJ1 を用いて、アルゴンと窒素の混合ガス雰囲気下で非消耗電極によるアーク溶解及びアーク溶接を行ったところ、溶接雰囲気中の窒素分圧を変化させることにより、溶接金属の窒素量、硬度およびシャルピー衝

撃靱性を制御することができ、溶接金属の機械的性質を母材程度に保つことができた。

[掲載論文]

- 9) 粉川博之, 佐藤 裕, 桑名 武, 進藤裕英: 高窒素ステンレス鋼 JJ1 溶接金属における窒素の挙動, 溶接学会第 146 回溶接冶金研究委員会資料, WM-1614-96, (1996), 1-9.
- 10) H. Kokawa, Y. S. Sato, T. Kuwana and Y. Shindo: Behaviour of Nitrogen in High Strength Stainless Steel JJ1 Weld Metal, The 51st Annual Assembly of the International Institute of Welding in Hamburg, (1998), IIW.Doc.IX-1908-98,1-10.

上記の掲載論文のコピーを次頁以降に添える。



本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録していません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。