

# SCM440 と SUS304 の継手部における炭素移行について

Carbon Migration through the Interface of SCM440/SUS304 Weld Joint

株式会社ツルヤ工場

津久井 宏侑、津久井 克幸、稲垣 茂

工業技術院機械技術研究所

小島 俊雄、中原 征治、小林 秀雄、関口 博、  
大谷 成子、斎藤 慶子

Tsuruya Works Co., Ltd.

Hiroyuki TSUKUI, Katsuyuki TSUKUI, Shigeru INAGAKI

Mechanical Engineering Laboratory (AIST)

Toshio KOJIMA, Seiji NAKAHARA, Hideo KOBAYASHI,

Hiroshi SEKIGUCHI, Shigeko OHTANI, Keiko SAITOH


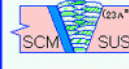
高分解能の EPMA を用いて、低合金/オーステナイト・ステンレス異材継手の高温における C、Cr、Nb、Ti、O の挙動を観察することにより溶接方法の再検討を行った。その結果、Y309、YNiCr-3 両方において SCM440 から Weld Metal への結晶粒界を経由した炭素の移行が見られた。

## 1. 緒言

従来、低合金鋼とオーステナイト・ステンレス鋼の溶接には、オーステナイト・ステンレスやニッケル合金の溶接材料が使用されてきたが、最近になって熱交換器、石油蒸留塔、化成品リアクターなどのプラントにおける運転温度域が高まる傾向にあることから、異材継手部におけるトラブルの発生が多く見られるようになった。著者らは、高解像度の EPMA を用いて上記の異材継手の高温における C、Cr、Nb、Ti、O の挙動を観察することにより溶接技術の再検討を行った。

## 2. 実験条件

SCM440 と SUS304 継手において、Y309 では 600 において 100 hrs および 500 hrs 熱処理を施した。YNiCr-3 では 600、750、900 の各温度にて 100 hrs、500 hrs の熱処理を施した。

	0.2%耐力 引張強さ	伸び 絞り		
TIG 	227 600	18.4 5.9	○	③⑥ As Weld *
ワイヤ: Y309, φ 2.4mm 試験材: 300x200x16 (mm)	289 552	16.0 22.6	○	③⑦ 600°C x 100Hr ホント部割れ
	283 484	13.4 24.3	○	③⑧ 600°C x 500Hr ホント部破断
TIG 	265 517	26.0 46.7	○	③⑨ As Weld *
	306 565	27.2 64	○	④⑩ 600°C x 100Hr
	328 515	18.2 24.3	○	④⑪ 600°C x 500Hr
	662	26.0 31.1	○	④⑫ 750°C x 100Hr
ワイヤ: YNiCr-3 φ 2.4mm 試験材: 300x200x16 (mm)	233 474	24.8 59.0	○	④⑬ 750°C x 500Hr
	200 538	37.6 68	○	④⑭ 900°C x 100Hr
	220 514	18.0 23.0	○	④⑮ 900°C x 500Hr
溶接法・積層図 溶接ワイヤ	0 200 400 600 800 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	0 20 40 60 伸び・絞り (%)	側曲げ 19R180° (○良好)	PWHT
	引張試験片 JISZ3111, A1			

) 試験片採取は、溶接線の直角方向とした。

溶接条件、および、熱処理後の機械試験結果

(140A、15V、10.5kj/cm)

### 3. 結果および考察

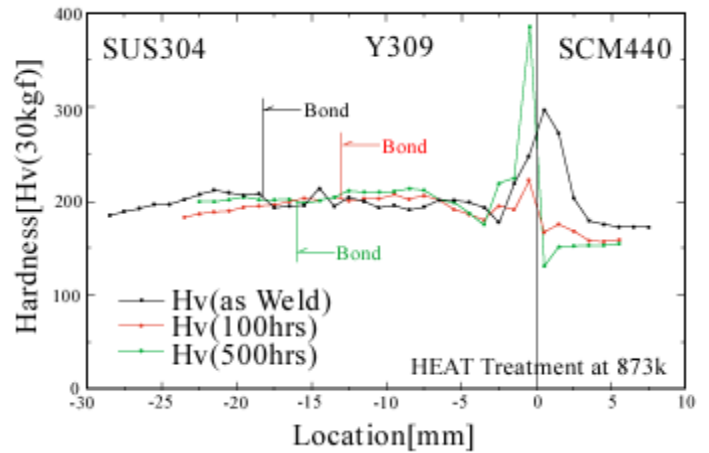
#### (1) Y309 による溶接

300系のオーステナイト・ステンレス鋼材での溶接、特に、Y309のように Ferrite を3~8%含んでいるものによる溶接では、凝固割れを起こすことは少ない。一方、高温における

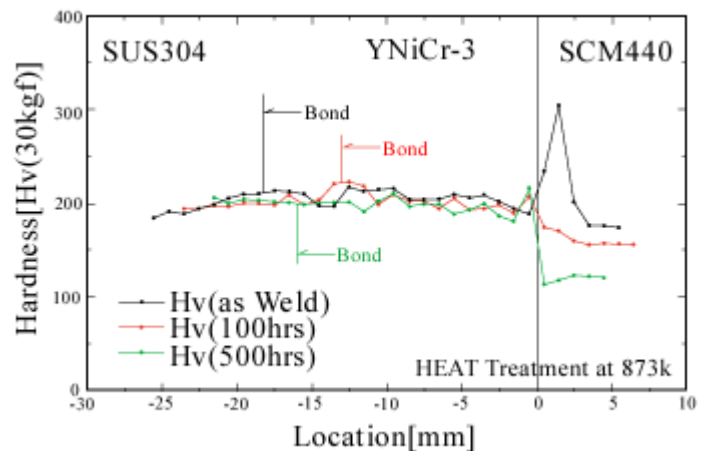
相の析出によりクリープラプチャー強度の著しい低下が起きる欠点がある。その上、炭素の移動が起こる426以上になると、母材より多量のFeの希釈を受ける Buttering 領域(A+M)において、炭素が結晶粒界へ侵入する。この結果、粒界に多量の  $Cr_{23}C_6$  などの炭化物が析出し、硬度が Hv400 近くまで上昇した。Y309 Weld Metal の線膨張係数は SCM440 の1.3倍と、その差は著しく、実機運転中、熱サイクルを受けるうちに SCM440 の HAZ 脱炭部と Weld Metal との Interface に Thermal Stress が集中して Bond より界面破断することが考えられる。熱処理をした場合、継手引張、側曲げ試験とも、Fusion Line よりの界面破断を示している。EPMA の観察により、SCM440 側の粒界を炭素が移動し、Y309 Weld Metal(Buttering) の粒界より侵入している様子が見られる。炭素の侵入距離は、約 250  $\mu m$  である。

#### (2) YNiCr-3 による溶接

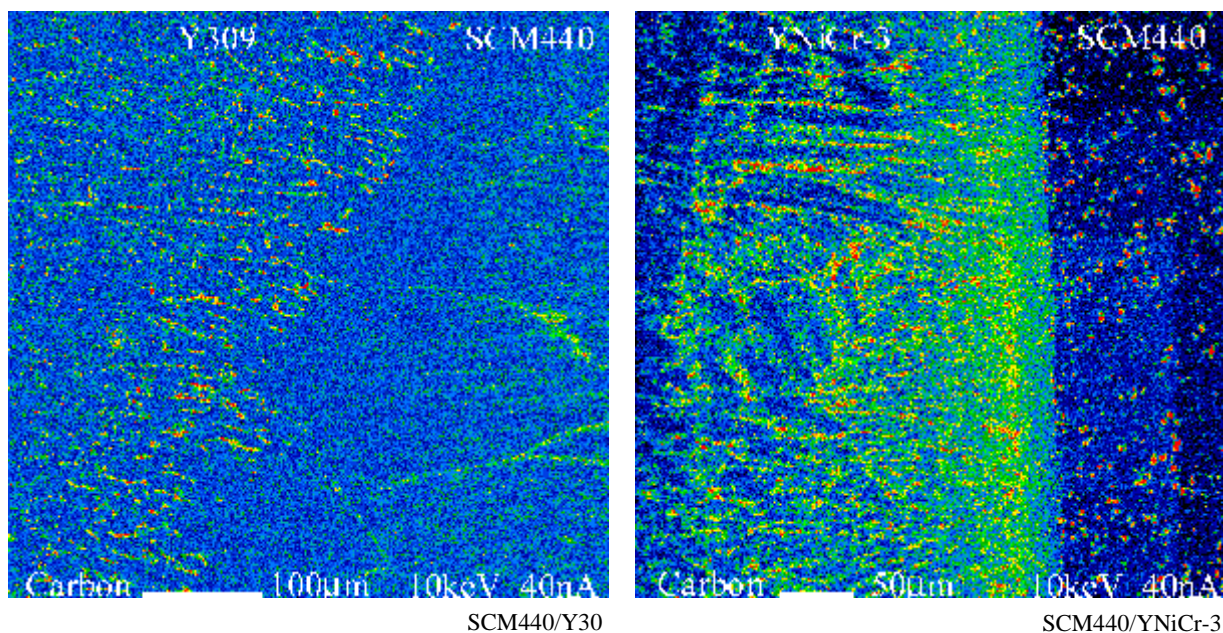
YNiCr-3 での溶接は Y309 の場合と異なり、線膨張係数が SCM440 とほとんど変わらないことから、応力の集中はないと考えられる。高温での炭素の移動が起こっても Weld Metal の Interface 近傍の硬度が Hv250 以下と安定している。継手引張試験で Bond より破断するケースも見られたが、伸び率は、18%以上得られている。継手側曲げ試験では、実験した試験片すべてが良好な結果を示し、継手として安定している。EPMA による観察により、炭素は粒界に沿って約 270  $\mu m$  侵入している様子が見られる。同じ継手で 900、500 hrs の熱処理では、炭素は 300  $\mu m$  侵入しており、Cr および酸素のイメージと重なって粒界に見られる。また、別の写真では Ti や Nb のイメージも粒界に見られる。



Y309 溶接継手断面の硬度分布



YNiCr-3 溶接継手断面の硬度分布



Fusion Line の EPMA イメージ ( 熱処理 600 500hrs )

#### 4. 結 論

- (1) SCM440/Y309 において、炭素は Interface を粒界に沿って移行する。
- (2) SCM440/SUS304 の溶接に Y309 を採用するときは、そのプラントの運転温度を 315 以下に限定すべきである。315 を越える場合は YNiCr-3 を薦めたい。
- (3) SCM440/YNiCr-3 においても、炭素の移行が見られる。粒界に侵入した炭素は、Cr、Nb などと結合し、炭化物を粒界に形成する。また、溶接時に母材より混入した酸素は、主に Ti と結合して酸化物を粒界に形成すると考えられる。

#### 参考文献

- (1) (社)溶接学会 溶接法研究委員会 SW-1239-80(JIW-ixxii-656-80)川嶋巖・久保村喜彦「異種金属溶接部の炭素移行」1980
- (2) WELDING HANDBOOK 8th EDITION Vol 4, 1998, CLAD and DISSIMILAR METALS P353~362
- (3) ANSI/AWS D10.8-86 Recommended Practice for Welding of Chromium-Molybdenum Steel Piping and Tubing.

溶接学会全国大会公演概要

PREPRINTS OF THE NATIONAL MEETING OF J.W.S.

第 6 6 集

平成 12 年度春季全国大会

とき : 平成 12 年 4 月 12 日、13 日、14 日

ところ : コスモスクエア国際交流センター