

= 供試溶接ワイヤによる全溶着鋼の耐食性評価とその実施例 =

補足内容；溶接ワイヤ中の S i 量アップによる溶着鋼結晶粒界の改善について

本話では、フェライト系ステンレス鋼の溶接に求められる基礎特性のひとつに「溶接部の耐食性」があり、過去に検討した事例のひとつを以下に紹介します。

1) 耐食性試験方法

① 試験方法；耐食性評価の代表的なひとつに塩水噴霧試験法があり、JIS Z 2371 に準拠した。

② 耐食性の評価部：

②-1 全溶着鋼における耐食性

②-2 継手の耐食性

以上の2ヶ所に分類できるが、ここでは全溶着鋼における耐食性評価に絞って、以下記述します。

③ 試験時間；960 Hr

④ 試験片の形状；7Φ×40ℓ (図186-01 参照)

(試験片の加工精度 6 S (▽▽▽))

⑤ 評価特性；960 Hr で粒界腐食観察

および 外観写真撮影

⑥ 溶接条件

* 溶接電流；200 A

* アーク電圧；24 V

* シールドガス；Ar+5%CO₂

* 溶接速度；20 cm/min

* 溶接電源；ダイヘン製パルスミグ溶接電源

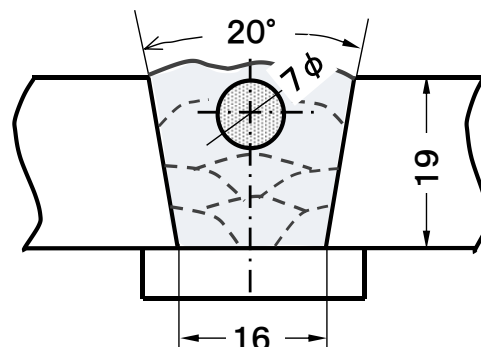


図186-01 全溶着鋼より溶接試験片を採取する位置

2) 供試ワイヤの化学成分例

フェライト系ステンレス鋼用
表186-01 全溶着試験片による塩水噴霧試験に適用した供試ワイヤの化学成分

組成	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	O	N
溶接ワイヤ											
Wire NO.1 ワイヤ	0.01	0.49	0.48	0.023	0.003	0.17	19.35	0.02	0.46	0.015	0.015
Wire NO.5 ワイヤ	0.02	0.50	0.35	0.015	0.001	0.19	17.05	0.03	0.47	0.007	0.025

3) 試験結果

全溶着鋼試験片による960Hrの塩水噴霧試験を行った結果、次のような結果となった。

* wire NO.1ワイヤ 腐食 小 * wire NO. 5ワイヤ 腐食 大 ・ ・ ・ ・ 写真 186-01 参照

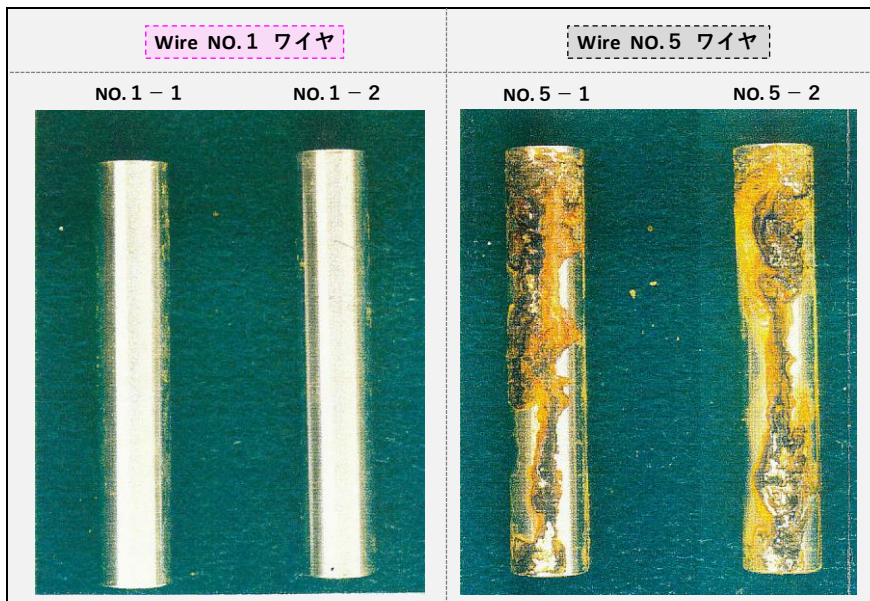
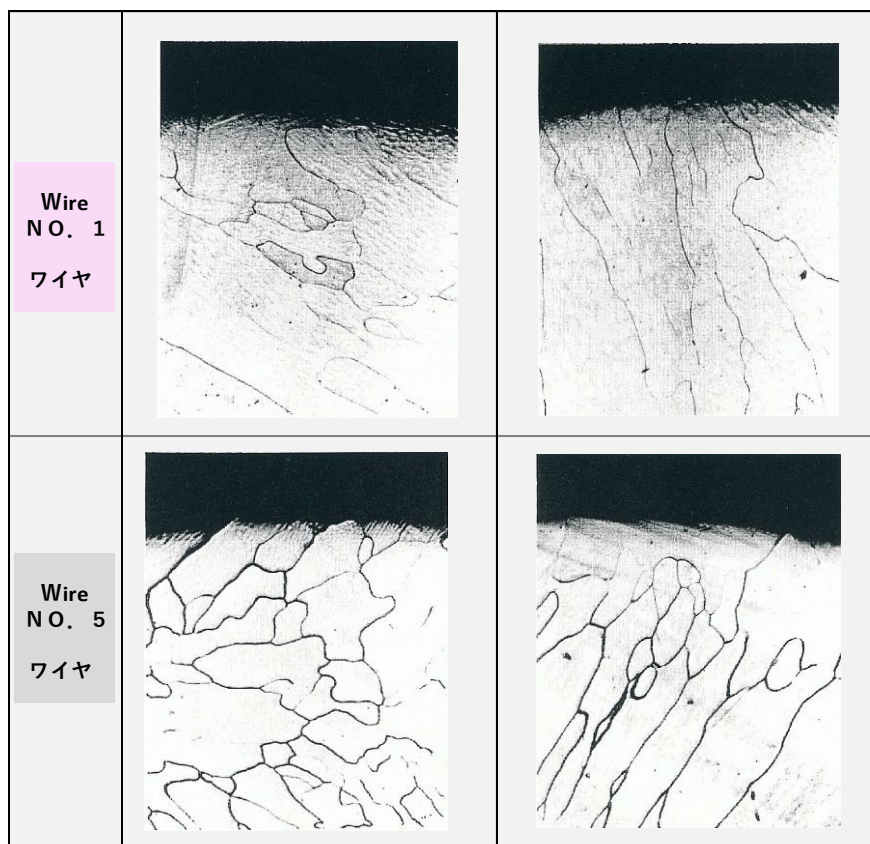


写真186-01 全溶着鋼より採取した試験片による960Hr耐食性試験外観写真

また、全溶着鋼試験片による粒界腐食観察をしたところ、以下の結果を得た。

* wire NO.1ワイヤ 腐食 無し * wire NO. 5ワイヤ 腐食 軽微 ・ ・ ・ ・ 写真 186-02 参照



全溶着鋼より採取した試験片による
写真186-02 960Hr塩水噴霧試験粒界腐食観察(×50)

4) 補足内容

1980年代の終わりから1990年の初めにかけて、クロム系溶接ワイヤの開発が急ピッチで進められた。その中における成果のひとつが、**Si値に着目した研究**^{*1)}であったと思う。

当時の大同特殊鋼研究所 溶接研究室の永田、上仲らが（一社）溶接学会 溶接法研究委員会で公表した。

以下に公表論文から**クロム系ステンレスワイヤ中のSiの影響・その効果**について抜粋します。

4)-1 粒界析出物に及ぼすSiの影響

ア) 溶接割れ原因の調査

溶接部の耐食性および割れなどに大きな影響をもつ粒界の析出物の挙動を観察した。その動機となったことは、溶接割れの先端部を走査型電子顕微鏡で観察し、粒界に連続的に析出した共晶タイプの析出物が認められ、これが割れの起点であると判定できたことによる。

イ) 供試材と実験方法

用いた材料の化学成分は、C：0.01%、Cr：19.2%、Nb：0.5%、N：0.015%とし、Si量を0.2、0.5、0.7、1.0、1.5%の5水準とした鋼塊を溶製。

それらの鋼塊から所定の試験板を採取し、TIG溶接（溶加材なし）でビードオン溶接（溶接長100mm）ビード中央における横断面のマクロおよびミクロ観察を行った。

ウ) 実験結果

図186-02に溶接金属のミクロ組織を示す。

Si量が0.2、0.5%の場合、粒界が明瞭で**粒内析出物**が少ない組織であるが、Si量が0.7%になると**粒内析出物**が多く認められるようになる。さらにSi量が多くなると、粒界の識別が困難になる。

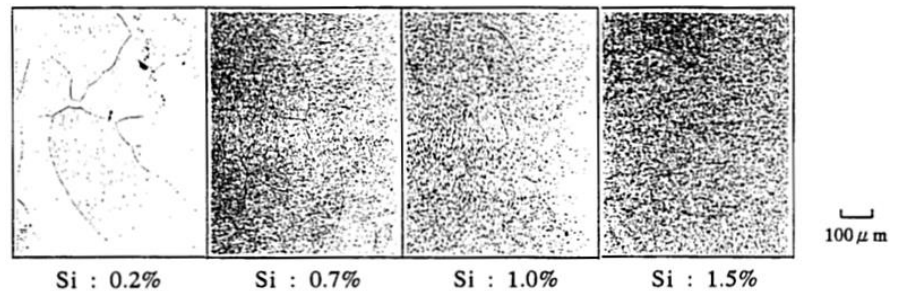


図186-02 溶接金属のミクロ組織

図186-03に溶接金属の粒界近傍の走査電顕写真を示す。Si量が0.2%から0.7%までは粒界の析出物の形態はあまり変化していない。しかし1.0%以上になると粒界の幅が広がり、粒界析出物は分散していることが判った。

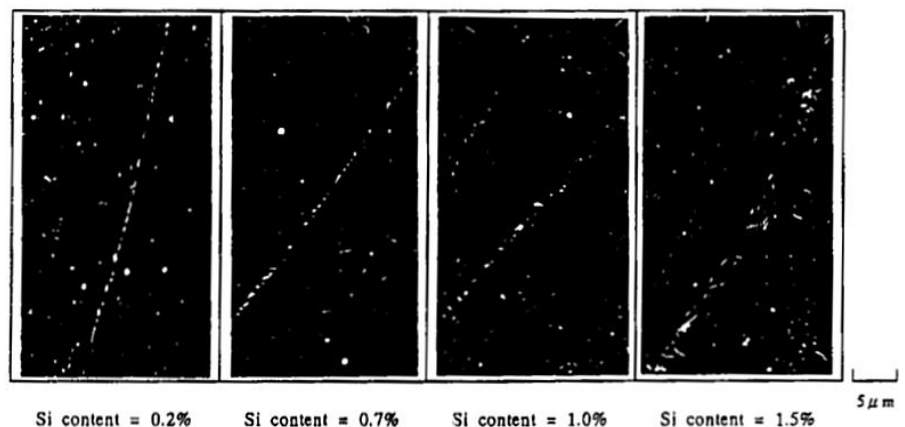


図186-03 溶接金属の走査電顕写真

4)-2 耐溶接割れ性に及ぼすSiの影響

Si量が1.0%以上になると粒界の析出形態が大きくかわることが判ったため、Si量を変化させた溶接ワイヤを作製し、耐溶接割れ性に及ぼすSiの影響を調査した。

ア) 供試材と実験方法

供試溶接ワイヤの化学成分は、C, Mn, Cr, Nb, Nは前実験の供試材と同量とし、Si量を0.5, 0.7, 1.0とした。なお、溶接ワイヤはCuメッキを施し、線径は1.2φとした。耐溶接割れ性については、JIS Z 3153のT形溶接割れ試験を行い溶接長さ120mm当たりの溶接割れ個数により評価した。母材は12mm厚のSUS430。パルス条件は200A、拘束溶接50cm/min試験溶接60cm/minでそれぞれ実施。

イ) 実験結果

図186-04に溶接割れ発生数におよぼすSi量の影響を示す。0.5%では溶接長さ120mm当たり6個、0.7%で3個の溶接割れが発生しているが、1.0%では割れの発生はなくなっている。

Si量が多くなるにつれて溶接割れ数が大幅に減少する原因を明らかにするためにT形溶接割れ試験片の溶接金属のマイクロ観察を実施。図186-05に溶接金属の結晶近傍の走査電顕写真を示す。1.0%Siで析出物は断続的になっている。

さらに粒界近傍を詳細に調べるため溶接金属の抽出レプリカにより、透過型電子顕微鏡で観察。結果を図186-06に示す。

0.5%Siでは共晶析出物が連続的に粒界に認められるが、0.7%Siでは不連続になりさらにNbNを核とした粒状のNbの炭窒化物が観察された。

Siが1.0%になると、粒界の共晶析出物はなくなり、NbNを核とした粒状の炭窒化物だけとなる。

このことから、溶接割れ減少はSiの添加によりNbNが溶鋼中で最初に生成し、それを核としたNbの炭窒化物の粒内析出が促進され、溶接割れの原因であった粒界の共晶析出物が消失したためと考えられる。

本題に戻ってコメントすると、全溶着鋼の耐食性評価とその改善の立場からも、フェライト系ステンレス溶着鋼の粒界における析出物が影響するものと推定できる。

なお、Si量をほぼ1.0%にアップすることにより、溶接金属フェライト粒界の共晶析出物がなくなったため、NO.1ワイヤの耐食性もさらに改善できた。

次話では、「フェライト系ステンレスワイヤによる溶接作業性の改善・・・ビード外観・ビード形状の改善」と題して説明します。

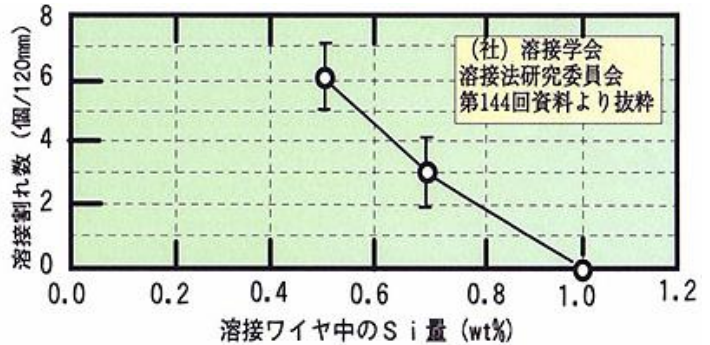


図186-04 溶接割れ発生数におよぼすSi量の影響

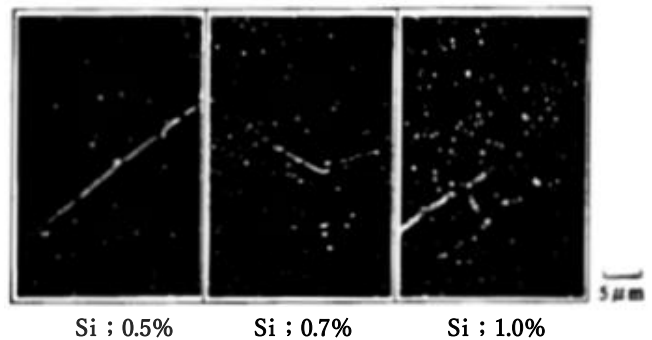


図186-05 溶接金属のマイクロ組織 (SEM)

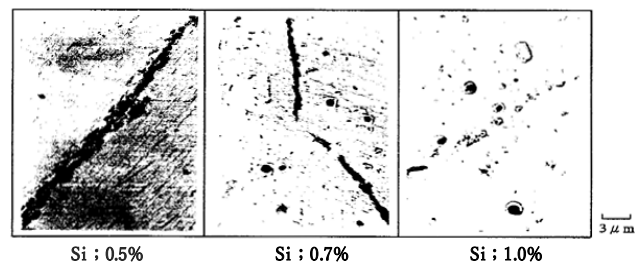


図186-06 溶接金属の抽出レプリカ (TEM)

*1) ; 永田, 上仲ら ; (一社) 溶接学会 溶接法研究委員会 第144回資料