

= フェライト系ステンレス鋼溶接部の溶接割れとその事例 (5) =

前話では、凝固割れに関する基礎的な考え方と発生機構について説明し、代表的な発生事例の一つとして凝固部会合組織に現れた凝固割れを示し、その対策として「溶接直後の散水による急冷は割れを誘発しやすくなることを突き止め、自然冷却に戻すことにより凝固割れ感受性を抑制できる」事例を紹介した。

本話では、溶接割れの事例説明の最終回として、また長くお付き合い頂いた「フェライト系ステンレス鋼の溶接」の最終回として HAZ 部を含めた母材部割れについて説明することにします。

第 198 話 以降に示した溶接割れの事例は主に溶接金属部組織内における凝固割れでした。しかし、高温割れ、凝固割れのなかには HAZ (熱影響部) において粒界の偏析膜が要因となって生ずる液化割れと呼ばれるものがあります。

エキマニのパイプ・フランジ部の円周溶接部で生じた凝固割れがパイプ側 HAZ 部まで伸びているマクロ組織を写真 203-01 に、同じく写真 203-02 にミクロ組織を示す。ミクロ組織では、HAZ 部に進展している割れは僅かですが観察することができ、液化割れの事例と考えられます。

例えば第 200 話の粒界ぜい化割れのなかで紹介した凝固割れミクロ組織 (写真 200-02, 04 など) では溶接金属部で割れは発生しているもののボンド・HAZ までは伸びていません。その理由として考えられることはボンド部を境としていずれも高温に熱せられたが、粒界におけるぜい化液膜を形成していないのに対し、写真 203-02 ではぜい化膜をつくり溶接金属部から HAZ にわたって割れが繋がったものと推定します。

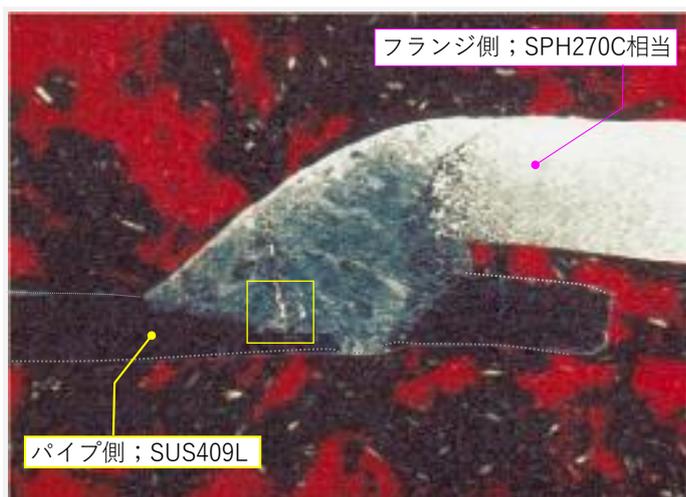


写真203-01 熱影響部に液化割れが生じたマクロ組織例

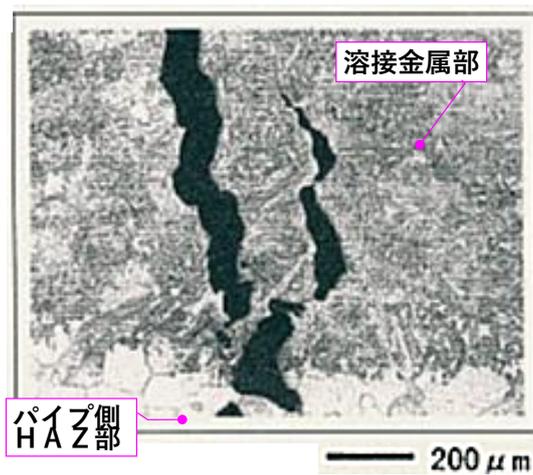


写真203-01 熱影響部に液化割れが生じたミクロ組織の一例

液化割れ*1) は HAZ 粗粒域の高温に加熱された粒界が、低融点化合物あるいは共晶の生成や、成分偏析などにより、局部的に溶融して、収縮時に開口することで発生するものです。

次に示す事例は既出のものですが、資料を整理していて品質不良と気づかされたものです。それらのビード外観写真、マクロ組織およびミクロ組織を改めて以下に掲載します。



写真192-01 T字すみ肉溶接部の外観
水平板SS400+垂直側母材SUH409Lパイプ (t1.5)

溶接条件 ; 150A-19V-60cm/min
すみ肉キヤップ ; 密着 トチ狙い角 45°
ワイヤ ; 加圧系ステンレス専用7付 NO.1-K 1.2Φ
ガス ; Ar+5%O₂ 18 ℓ/min

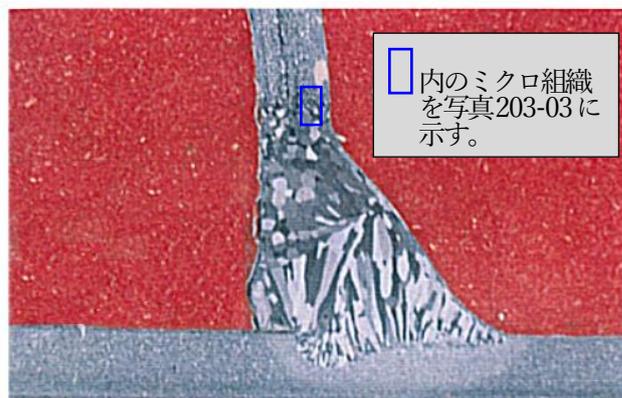


写真192-02 T字すみ肉溶接部のマクロ組織
水平板SS400+垂直側SUH409Lパイプ (t1.5)

本溶接は、すでに第192話で説明したように軟鋼板SS400上にフェライト系SUSパイプであるSUH409L×1.5tを垂直材としてクランプし、アークロボットで所定の溶接条件で円周溶接したもので、外観的には溶接部および母材部含め異状は見当たらなかった。

しかし、母材部のミクロ組織を観察したところ写真203-03にみるように409L母材フェライト組織の粒界に沿って黒いものが明瞭に観察できる。

試験当時は気づいていないため、残念ながら実際に把握できていません。

第192話にも記したように推定すると、パイプ側への溶接入熱が過大となり、フェライト粒の粗大化と併せて粒界酸化につながったものと考えられる。

不良の原因としては、パイプ内外面からのガスシールド不良によるものとは考えにくく、入熱過大により冷却速度の遅れがこのような粒界ぜい化現象を生じさせたものと推測します。

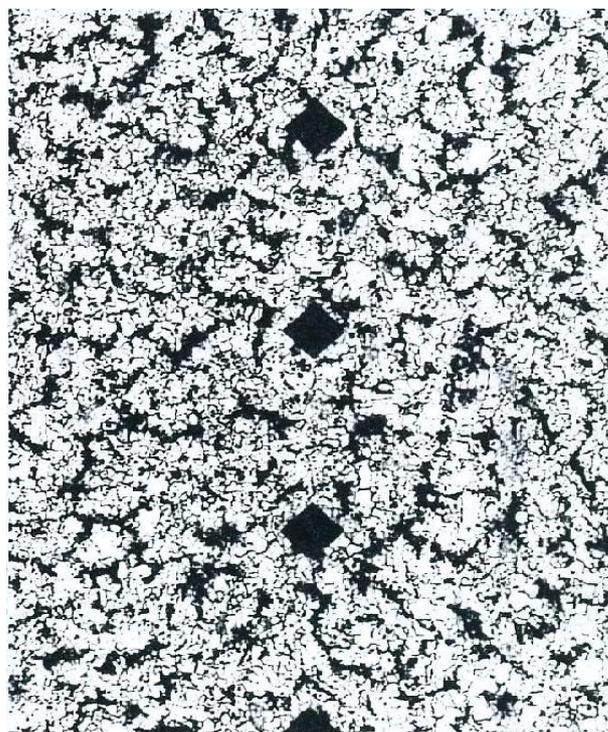


写真203-03 T字すみ肉溶接部のミクロ組織 (×100倍)
写真192-04より「母材部」を抜粋し拡大

また筆者がフェライト系ステンレス鋼薄板・薄肉材の溶接の熱影響を受けた母材部で、経験し印象に残っていることを以下の2点に記す。

① 激しい結晶粒の粗大化が生じた事例を観察したことがある。

自動車排気系処理部品に多く適用されるフェライト系SUSの肉厚(板厚)は、軽量化を考慮し肉厚t =

1. 5 mm が多い。1. 5 mm 側への溶け込み深さも 0.3mm 程度であり、残りの母材部を 1.0~1.2mm とすると何個の結晶粒で端部まで達するか。経験した粒の大きさは 0.3~1 個程度の粗大粒でした。粒界が健全であればまだ良いが、ぜい化を伴っていれば即座に強度不足に陥ると懸念されます。

このような例もあって、フェライト系母材側の粗大化の状況については常に品質的にも把握することが望ましいと考えます。

② 母材部粒界より個別に粒状化し脱落する不良

フェライト系 SUS パイプを母材としたミグ溶接で、その HAZ 部より母材端に入熱過大を生じやすい条件の対象品において母材部粗粒界より粒状化し脱落する不良に至った例がある。

参考までに図 203-01 に粒状化画像として描いてみました。緑色で示した粒が個々に剥離し、脱落したものと考えられる。

このような不良発生の主な要因は、前述のように母材パイプ質量に対する**圧倒的な過大入熱による粗大化**、**粒界ぜい化**が考えられる。対策のひとつは徹底した入熱管理であり、場合によっては適用ワイヤ径の細径化（1.2Φ→0.9Φ）なども有効手段となる場合があります。

次に留意しておきたいことは薄肉パイプ内側のシールド不良（N，O による）およびパイプ内面の湿気、油分付着などが考えられます。

このように、フェライト系ステンレス鋼薄板・薄肉材の溶接では粗大化に伴う粒界ぜい化および粒界酸化・窒化および水素ぜい化の影響をうけやすく、施工に当たってはパイプ内面の清浄化の確保に努め、かつ適切にバックガスなどを流すなどの対応をすることが望まれる。

バックガスを適用する場合に心掛けたいことは、ガスの流れが確実に形成できているかを確認することです。例え 3~5 リットル/分でも構いません。溶接部底部にしっかりガスが当たり流れていれば有効なバックガス供給となります。

バックガスによって溶接部への冷却効果は期待できませんが、空気巻き込みによる酸化、窒化は防止でき、バックガスによる後流時間も相当長めに設定して下さい。

以上で 24 話にわたった「フェライト系ステンレス鋼の溶接」における説明を終了とさせていただきます。ありがとうございました。

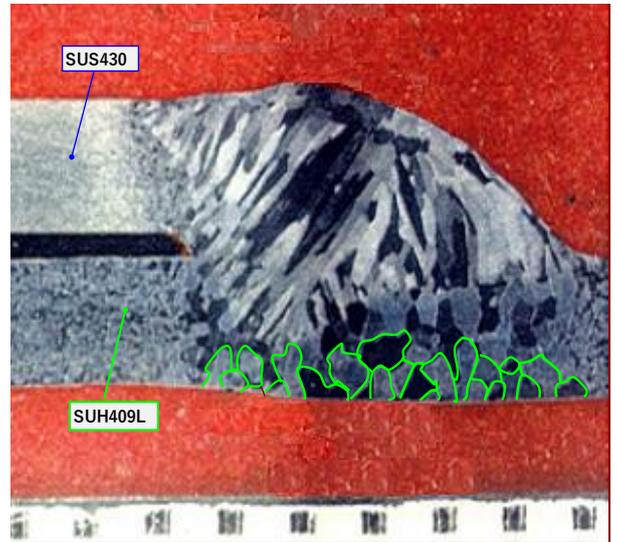


図203-01 ステンレス鋼溶接部の母材部粒界割れの説明図

参考図書，文献；

* 1) 溶学誌；78 巻 2009 第 6 号 溶接接合教室 溶接割れについて 神戸製鋼 細井宏一氏ほか

以上。