

C-04 異材溶接割れ (V1)

C-04-1 損傷の説明

異材溶接金属部の割れは、高温で作業しているオーステナイト系(300系ステンレス鋼)とフェライト系材料(炭素鋼または低合金鋼)の異材溶接継手部において、フェライト系側で生じる。

C-04-2 影響を受ける材料

通常は、熱膨張係数のかなり異なるいかなる材料の組み合わせと同様、オーステナイト系ステンレス鋼と組み合わせて溶接される炭素鋼および低合金鋼である。

C-04-3 重要な因子

- a) 重要な因子は、材料を接合するのに用いられる溶加材料のタイプ、加熱冷却速度、金属温度、温度での時間、溶接形状および熱サイクルを含む。
- b) 割れはフェライト系鋼と300系ステンレス鋼の間の熱膨張係数が30%以上異なることによって生じる。高温作業温度において、熱膨張の相違によりフェライト系側の熱影響部に高応力が生じる。
- c) 温度が増加するに従って、特に300系ステンレス鋼溶接金属が用いられるとき、材料間の熱膨張の違いにより、溶接部への応力が増加する。
- d) 溶接部に作用する応力はオーステナイト系溶接金属を用いるとき、著しく高くなる。ニッケル基溶接金属は炭素鋼に近い熱膨張係数を持つため、高温でより低い応力を示す。
- e) 高温において、フェライト系材料の熱影響部から溶接金属へ炭素が拡散することにより問題が悪化する。炭素の損失によりフェライト系材料の熱影響部においてクリープ強度が低下し、それによって割れの可能性が増加する。(図4-19)
- f) 炭素拡散が生じる温度は炭素鋼および低合金鋼の場合、427℃から510℃以上である。
- g) フェライト系/オーステナイト系異材継手は、260℃以上の温度で著しい膨張/熱疲労応力を生じる。
- h) フェライト系鋼と300系ステンレス鋼溶接金属を伴った異材金属溶接部は、フェライト系鋼側のボンド部近傍や溶接止端部で高い硬さをもつ狭い脆化域を生じる。硬化域は硫化物応力割れまたは水素応力割れのような各種の環境割れへの感受性を高める。
- i) 熱サイクルは問題を悪化させる。
- j) 液相灰腐食を促進させる環境において、溶接割れ問題は応力誘起腐食を加速させる。フェライト系材料の熱影響部は高い熱歪みによって優先的に腐食する。その結果、長く、狭い酸化物の楔が溶接継手のボンド部に平行に生じる。(図4-20)
- k) 溶接部の不良な形状、過剰なアンダーカットおよび他の応力強化因子は、割れ感受性を悪化する。

C-04-4 影響を受ける設備または装置

- a) 異材金属溶接部は精製装置および他のプロセスプラントにおけるある用途に用いられる。
- b) 異材金属溶接部はFCCリアクターと再生器の容器周り配管、加熱炉で5Crまたは9Crから300系ステンレス鋼に変化する加熱管、肉盛りされたCrMo鋼ノズルまたはソリッド300系ステンレス鋼配管、水素化処理リアクターの出口配管における遷移部に用いられる。
- c) フェライト系材料(1.25Cr-0.5Moおよび2.25Cr-1Mo)ならびにオーステナイト系材料(300系ステンレス鋼, 304H, 321Hおよび347H)の間を溶接するすべ

ての過熱器および再熱器。

C-04-5 損傷の様相と形態

- a) 割れはフェライト系材料の熱影響部における溶接止端部において形成される。(図1, 2、3および4)

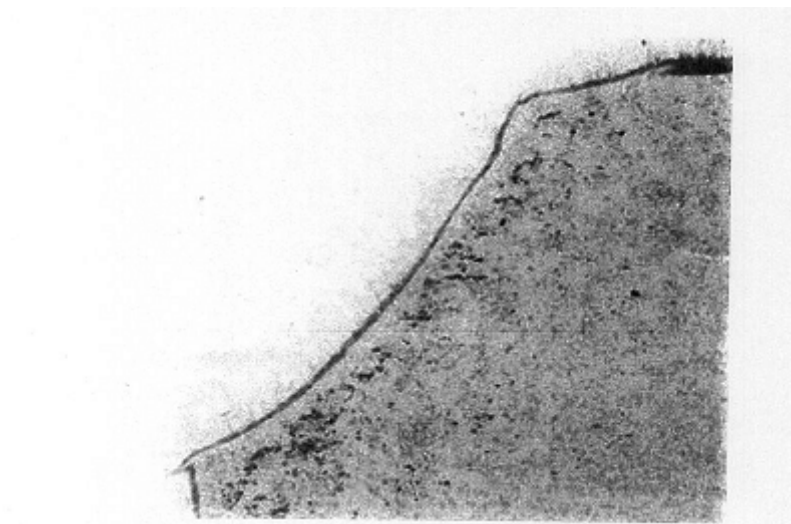


図1 T-22 鋼側の熱影響部に生じたクリープクラック

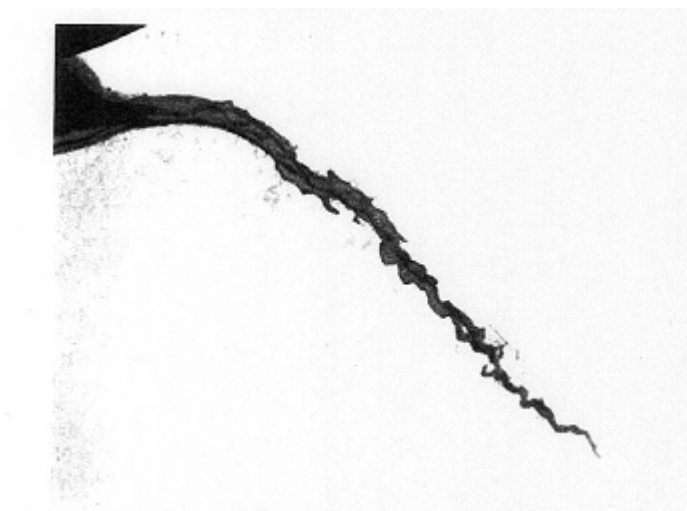


図2 異材溶接継手の2.25Cr-1Mo 鋼熱影響部に生じた割れ
石炭灰腐食が応力によって加速されたもので、クリープ割れではない。
(クラック先端にクリープボイドが認められない。)

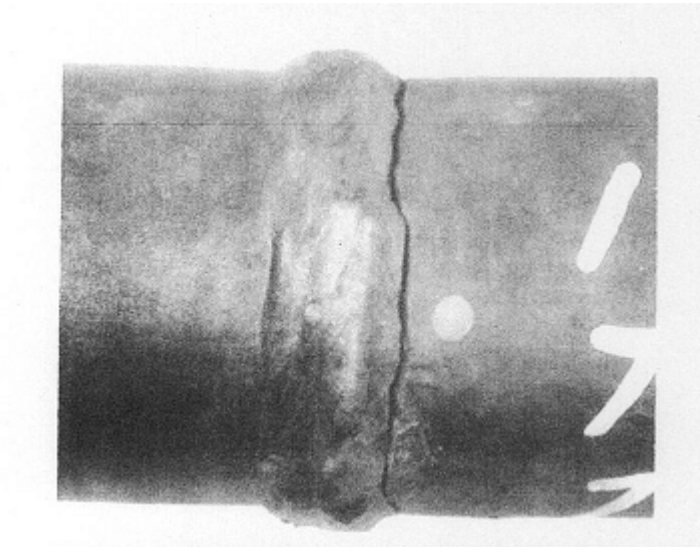


図3 突合せ周溶接部止端部に生じた割れ

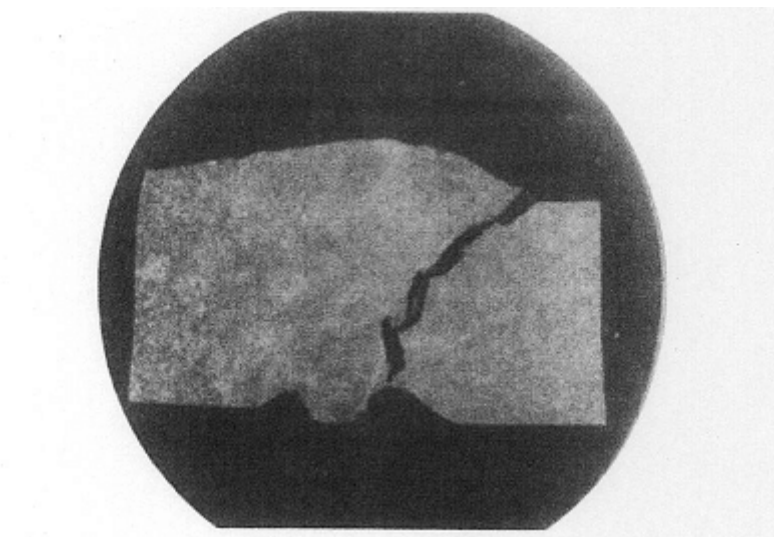


図4 異材溶接継手割れの断面観察

- b) 溶接継手管は通常、問題となる部分であるが、鋳造または鍛造300系ステンレス鋼と400系ステンレス鋼サポートラグまたは取り付け部も影響を受ける。

C-04-6 防止／軽減化

- 炭素鋼および低合金鋼に近い熱膨張係数をもつニッケル基溶加材料は継手の寿命を著しく増加させる、継手の(フェライト)鋼側に作用する熱応力が著しく軽減化されるためである。
- もし、300系ステンレス鋼溶加材料を用いるとするならば、異材金属溶接部は低温領域で使用すべきである。
- 蒸気発生装置において、高温端部における溶接継手部は熱伝導域から離れてペントハウスまたはヘッダーエンクロージャでなされるべきである。
- 溶接される2つの材料間に、中間の熱膨張係数を持った小さい部材を置く。

C-04-7 検査とモニタリング

- a) 割れは主に加熱管外側から生じるため、目視、MT および PT 検査方法が用いられる。
- b) 環境割れもまた腐食環境に曝露された ID 表面に発生し、破壊し表面割れを生じるため、UT 方法を用いて検出する。

C-04-8 関連するメカニズム 熱疲労および腐食疲労

C-04-9 参考文献

1. “Steam-Its Generation and Use,” 40th Edition, Babcock & Wilcox, 1992
2. “Combustion Fossil Power Systems,” Third Edition, Combustion Engineering, CT, 1981.
3. H. Thielsch, “Defects and Failures In Pressure Vessels and Piping,” Krieger Co., NY, 1977.
4. R.D. Port and H.M. Herro, “ The NALCO Guide to Boiler Failure Analysis, “ McGraw-Hill, NY, 1991.
5. D.N. French. ” Metallurgical Failures in Fossil Fired Boilers,” John Wiley & Sons, Inc, NY, 1993.
6. B. Dooley and W. McNaughton, “ Boiler Tube Failures, “ Theory and Practice-3 Volumes, “ EPRI, CA, 1995.