

M-06 再熱割れ (V1)

M-06-1 損傷の説明

溶接後熱処理 (PWHT) の間または高温で使用中に、応力弛緩による金属の割れ。厚肉部分でしばしば観察される。

M-06-2 影響する材料

300 系のステンレス鋼および Alloy 800H のような高ニッケル鋼と、低合金鋼。

M-06-3 重要な要素

重要なパラメータは、材料のタイプ (化学組成、不純物元素、結晶粒度、製造 (冷間加工、溶接からの残留応力) と、断面の肉厚 (拘束と応力状態をコントロールする)、切欠と応力集中、溶接金属と母材の強さ、溶接と熱処理条件を含む。

300 系ステンレス鋼と低合金鋼の両方のための再熱割れの各種理論から、割れの様相は下記のように示される。

- a) 再熱割れは高応力を必要とする。最も起こりやすい部分はより厚肉の部分とより高強度の材料である。
- b) 再熱割れは、クリープ延性が負荷した又は残留応力の弛緩に要するひずみに適応するには不十分なとき、高温で生じる。
- c) 多くの場合、き裂は HAZ に限定される。いくつかのタイプの応力集中で発生し、疲労の発生点として作用する。
- d) 再熱割れは PWHT 中または高温使用中に発生する。それらの場合、割れは粒界破壊で、変形の兆候はあまり又はほとんどない。
- e) 微細な析出物による粒内析出は結晶粒界よりも粒内を強くして、結晶粒界でクリープ変形を起こさせる。
- f) 耐塩化物 SCC と耐 PTASCC を最大にするための 300 系ステンレス鋼の応力除去と安定熱処理は再熱割れの最大に問題であり、特に厚肉で問題となる。

M-06-4 影響を受ける設備と装置

- a) 再熱割れは、ノズル溶接部と厚肉配管を含む高拘束部分の厚肉壁容器において、最も生じやすい。
- b) HSLA 鋼は再熱割れの感受性が非常に高い。

M-06-5 損傷の様相または形態

再熱割れは粒界で生じ、応力と形状の状態に依存しながら、表面を貫通するか、内在状態になる。それはしばしば HAZ 部で粗粒域において生じる。

M-06-6 防止／軽減化

- a) 厚肉部分の継手配列は、溶接中および PWHT の間の拘束を最小にするように設計されるべきである。十分な予熱もまた適用される。
- b) 結晶粒の大きさは、高温延性および再熱割れ感受性に重要な影響を与える。大きな結晶粒度は HAZ で延性を失い、材料の再熱割れ感受性を高める。
- c) 溶接作業から生じる冶金的の切欠きは、HAZ 割れ (溶接部と HAZ の境界で生じる) を引き起こす。
- d) 設計および組立において、応力集中を与える隅肉止端部またはアンダーカットのような断面の鋭い変化を避けることが望ましい。長いシーム溶接では特に取り付けの問題によって生じるミスマッチによる感受性が高い。

M-06-7 検査とモニタリング

- a)表面き裂は、炭素鋼と低合金鋼の UT と MT 検査によって検出できる。
- b)UT と PT 検査は 300 系のステンレス鋼とニッケル基合金の割れを検出するために使用できる。
- c)内在き裂は UT 検査のみで見いだされる。

M-06-8 関連したメカニズム

再加熱割れは「応力除去割れ」と「応力弛緩割れ」として、文献に参照されている。

M-06-9 参考文献

1. R.Viswanathan, "Damage Mechanisms and Life Assessment of High Temperature Components," ASM International, Materials Park, OH.
2. D.N. French, "Metallurgical Failures in Fossil Fired Boilers," Second Edition, John Wiley and Sons, NY, 1993, pp. 455 - 458.
3. A. Dhooze, "Survey on Reheat Cracking in Austenitic Stainless Steels and Ni Base Alloys," HW-Commission IX, Doc. IX-1876-97.