

D-15 ひずみ時効 (V1)

D-15-1 損傷の説明

ひずみ時効とは中間温度領域での変形と時効の結合した効果として、炭素鋼と C-0.5Mn 低合金鋼に見出される損傷形態をいう。これは延性の低下とともに硬さと強さの増加の原因となる。

D-15-2 影響を受ける材料

1980 年代に製造された、粗大結晶粒を有する炭素鋼と C-0.5Mn 低合金鋼。

D-15-3 重要な因子

- a) 鋼成分と製造プロセスが鋼の感受性を決定する。
- b) ベッセマ転炉または平炉プロセスによって製造された鋼は、塩基的酸素炉 (BOF) プロセスによって製造された新しい鋼よりも多い不純物元素を含有する。
- c) 一般に、BOF で作られた鋼はアルミニウムで完全にキルドされ、感受性が低い。その影響は窒素や炭素がより高いリムド鋼やキャップド鋼に見出されるが、細粒化によって作られた近年のキルド炭素鋼には見出されない。
- d) ひずみ時効は冷間加工され、応力除去無しで中間温度において使用されている材料に観察される。
- e) ひずみ時効はき裂を含む装置に対して特に問題となる。もし感受性のある材料が塑性変形され中間温度に暴露されると、変形された部分は硬くなり、延性が低くなる。この現象は脆性破壊を破壊モードとする各種の容器に共通の問題である。
- f) 加圧シーケンスと温度の関係は感受性のある材料の脆性破壊を防止するための支配的な要因である。
- g) ひずみ時効はまた、感受性のある材料のき裂や切欠の周辺に溶接部があるときに生じる可能性がある。

D-15-4 影響を受ける設備または装置

ひずみ時効はほとんど応力除去していない感受性のある材料で製造した耐圧容器に生じる。

D-15-5 損傷の様相または形態

ひずみ時効は冶金的な因子を原因として脆性き裂の形態として現れるが、破壊が生じるまでひずみ時効として確認できない。

D-15-6 防止／軽減化

- a) ひずみ時効は低レベルの置換型不純物元素と完全に脱酸した鋼で、アルミニウム ($>0.015\text{wt}\%$) を十分含有した新しい鋼では問題とならない。
- b) 古い装置に対して、メタル温度が脆性破壊の危険性が低くなる許容レベルに到達するまで装置に応力負荷または加圧することを避けることによって、ひずみ時効による損傷の可能性を避けることができる。ひずみ時効の感受性の高い容器の加圧温度に対して、ASME Code Section VIII, Division I の UCS66 における曲線 A を参照すること。
- c) 感受性のある材料の溶接補修に対して PWHT を適用することにより、ひずみ時効の影響を取り除くことができる。PWHT ができない場合は、拘束下で古い材料の溶接を最小化するためにバタリングが考えられる。

D-15-7 検査とモニタリング

検査とモニタリングはひずみ時効をコントロールするためには用いられない。

D-15-8 関連するメカニズム

中間温度において変形が生じるとき、メカニズムは動的ひずみ時効として分類される。青熱脆性はひずみ時効の別の形態である。

D-15-9 参考文献

1. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division I, American Society of Mechanical Engineers, NY