

様式2

プロジェクト名：燃料電池車用水素複合圧力容器の最適設計法の開発

プロジェクト代表者：荒居善雄（理工学研究科・教授）

1 研究の目的

水素燃料電池車を普及させるためには超高压の水素容器の安全性を確保し、容器効率（水素ガス重量／容器重量）を如何に高めるかが課題となっている。燃料電池車が広く普及するに至った場合、使用条件の多様化、容器数の急増により、燃料電池車用高压水素複合容器の耐久性に、より厳しい性能が求められることになると考えられる。本研究の目的は、燃料電池車用水素複合圧力容器の最適設計法を開発することにある。具体的には、炭素繊維強化複合高压容器の金属ライナーに存在するきずと容器の使用条件を考慮した、ライナーの疲労寿命評価方法を開発し、疲労き裂進展特性に及ぼす水素環境の影響を明らかにするとともに、複合高压容器の構造設計法を確立する。

2 研究の進め方

試験に供した複合圧力容器の仕様は、容積 6.8L、設計圧力 29.4MPa の CFRP 容器であり、圧力容器製造メーカーに依頼して製作した。圧力サイクル試験は常温で最大圧力 29.4MPa、最小圧力ゼロ、加圧周波数 4cycle/min で LBB (破断前漏洩)が生じるまで繰り返し圧力を加えた。作動流体は水道水とした。

疲労損傷観察方法として、停留き裂の観察を行い、当該試験片を 1%の水酸化ナトリウム水溶液で腐食し、発生したき裂と結晶粒界の位置の関係を観察した。

3 研究の成果

圧力サイクル試験結果 31,538 回にて直胴部やや頭部よりにおいて水漏れが発生した。



図1 圧力サイクル試験後の水漏れ状況

疲労損傷観察結果 容器中心部における停留き裂は切断した円周上で1箇所観察された。図2にその断面観察結果を示す。

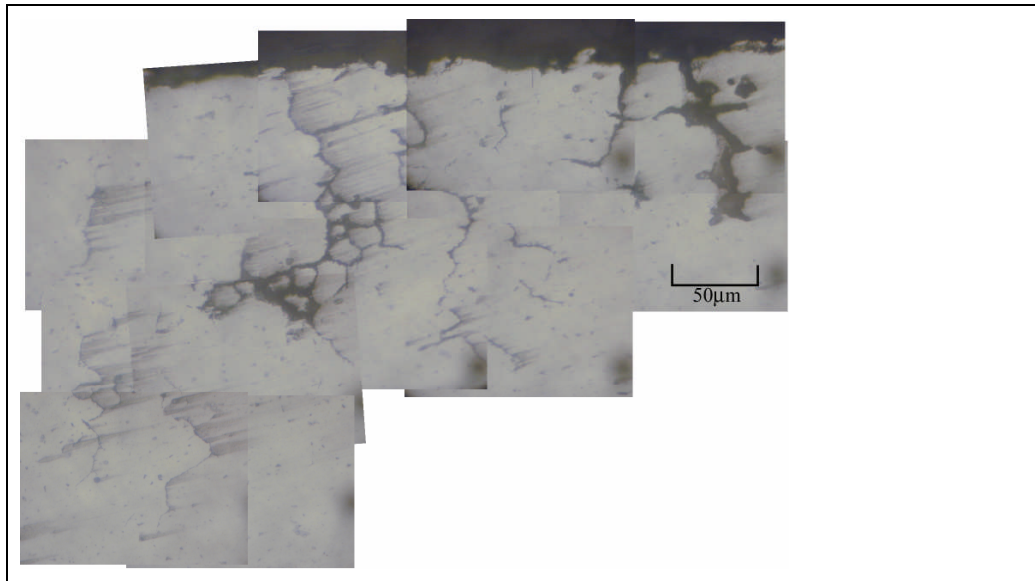


図2 停留亀裂の断面観察結果

粒界の観察では、表面で粒界に沿った破壊が起きていた。せん断応力による粒界に沿った破壊が起きている、もしくは、水の腐食により粒界が選択的に破壊されていることが考えられる。水の腐食の場合、塩素が影響していることが考えられる。純水を用いた試験などで試験作動流体の影響を調べる必要があると考えられる。

疲労寿命評価

疲労寿命評価方法 初期き裂長さ a_0 から最終き裂長さ a_c までに要する繰返し数は次式で計算される。

$$N_f = \frac{1}{\Delta\sigma^m} \frac{2}{(m-2)CM^m \pi^{m/2}} \left[\frac{1}{a_0^{(m-2)/2}} - \frac{1}{a_c^{(m-2)/2}} \right]$$

$$a_c = \frac{1}{\pi M^2} \left(\frac{K_{IC}}{\Delta\sigma} \right)^2$$

ここで、 $\Delta\sigma$ は応力振幅、 m と C は疲労き裂進展特性の材料定数、 M は応力拡大係数の補正係数、 K_{IC} は破壊靱性値である。

4 結言

疲労破壊メカニズムは表面と内部で大きく異なると考えられる。各試験圧力においても、表面近傍ではせん断応力及び腐食により選択的に粒界に沿って壊れる。粒界に沿った破壊がおき、それらのき裂が合体し組織の欠落が起こる。周方向応力が少しでも、引張となる場合応力集中により周方向の数倍の応力が欠落部先端には作用しモード I の疲労き裂進展がおこる。最大圧力が 50.0 [MPa] ではモード I とは異なる破壊が起きている。表面では腐食が発生していることが考えられ、圧力サイクル試験の再検討が必要と考えられる。