

設備紹介

Equipment

高圧水素ガス雰囲気材料試験機

1. はじめに

カーボンニュートラル実現に向けて水素は輸送・発電・産業など、さまざまな分野での活躍が期待されており、水素関連技術の開発が活発化している。水素利用機器の部品においては鉄鋼材料をはじめとする金属材料が多数使用されており、例えば水素ステーションにおける蓄圧器、バルブ、配管などでは金属材料は 80 MPa を超える高圧水素ガスに曝される。金属材料が水素ガスに曝露されると、材料中に水素が侵入して材料の強度や延性といった機械的特性が低下する、いわゆる水素脆化を生じる場合がある。そのため、金属材料を水素ガス環境部に適用するには、使用環境と同様の水素ガス雰囲気下における機械的特性を評価することが極めて重要である。

本稿では、大同特殊鋼(株)（以下、当社という）が保有する高圧水素ガス雰囲気材料試験機の特徴を紹介する。

2. 装置の仕様と特徴

当社が保有する高圧水素ガス雰囲気材料試験機には、外圧式高圧水素ガス雰囲気材料試験機（以下、外圧式

材料試験機という）、内圧式高圧水素ガス雰囲気材料試験機（以下、内圧式材料試験機という）、高圧水素曝露試験装置の 3 種類があり、それらの外観写真を図 1 に、仕様を表 1 にそれぞれ示す。

外圧式材料試験機では、最高 140 MPa の高圧水素ガス雰囲気の圧力容器内にて、低ひずみ速度引張（Slow Strain Rate Tensile, SSRT）試験、疲労試験、疲労き裂進展試験、破壊靱性試験を行うことが可能である。引張・圧縮の荷重は油圧により制御されており、容器を貫通するプルロッドにより圧力容器内の試験片に荷重を伝達する。圧力容器とプルロッド間の摺動部は、樹脂製パッキンでシールすることで高圧水素ガス雰囲気を維持している。荷重測定では摺動部の抵抗の影響を受けないように圧力容器内のロードセルを使用しており、また、ロードセルには水素の影響を受けにくいひずみゲージが装着されている。

内圧式材料試験機では、図 2 に示すように丸棒軸中心部に細穴加工を施し中空形状とした試験片を用いる。この中空穴に高圧水素ガスを封入して試験片内部を高圧水素雰囲気としながら SSRT、疲労試験を行うことが可能である。試験片の形状から中空式試験とも呼ばれている。外圧式材料試験と比較して大型の高圧容器を必要

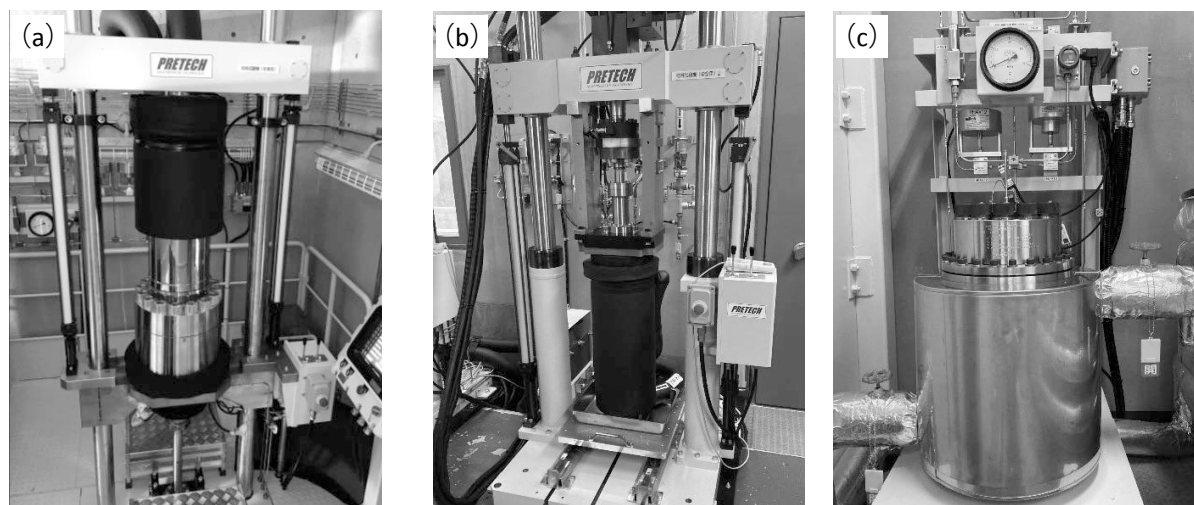


図 1. (a) 外圧式材料試験機, (b) 内圧式材料試験機, (c) 高圧水素曝露試験装置の外観写真.

表1. 高圧水素ガス雰囲気材料試験機の主な仕様.

項目	外圧式高圧水素ガス 雰囲気材料試験機	内圧式高圧水素ガス 雰囲気材料試験機	高圧水素曝露試験装置
使用ガス種	水素, ヘリウム, 窒素		
最高圧力	140 MPa	100 MPa	130 MPa
温度範囲	-80 °C~90 °C	-60 °C~室温	室温~300 °C
最大試験力	±100 kN	±100 kN	—
試験内容	引張試験 (SSRT) 疲労試験 疲労き裂進展試験 破壊靱性試験	引張試験 (SSRT) 疲労試験	水素チャージ 定変位法破壊靱性試験

としないため、設備の導入・維持コストが低い、使用するガスを極少量に節約できる、試験ガス圧・温度の調整を短時間でできるなどの特長がある。また、外圧式材料試験機では、圧力容器とプルロッド間の摺動部の樹脂製パッキンが破損しないようにクロスヘッド変位速度に制約があり、疲労試験では周波数が最大で1 Hz程度に制限されるため、一般的に求められる 10^7 回の繰返し試験を実施するには約116日を要するのに対して、内圧式では摺動部の制約が無いため、最大で20 Hz程度の速度で試験が可能であり、試験時間を大幅に短縮することが可能である。

高圧水素曝露試験装置では、最高で130 MPaの高圧水素ガス雰囲気の圧力容器内に試験片を設置することで、水素チャージや定変位法破壊靱性試験などを行うことが可能である。

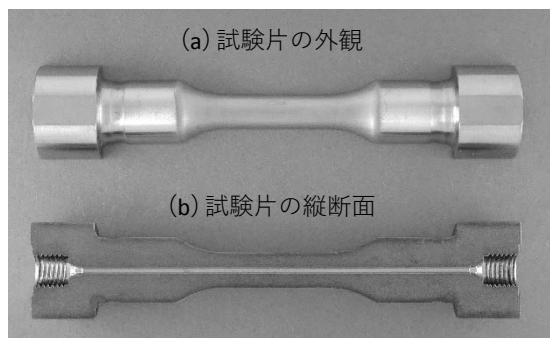


図2. 内圧式試験用試験片.

3. 評価事例

水素脆化特性評価の一例として、外圧式試験機を用いてオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の SSRT 試験を実施した結果を図3に示す。試験は室温、初期ひずみ速度 $7 \times 10^{-5}/s$ で実施した。応力-変位曲線から、大気中と比較して水素中では SUS304 の延性が低下しており、水素により脆化していることが分かる。

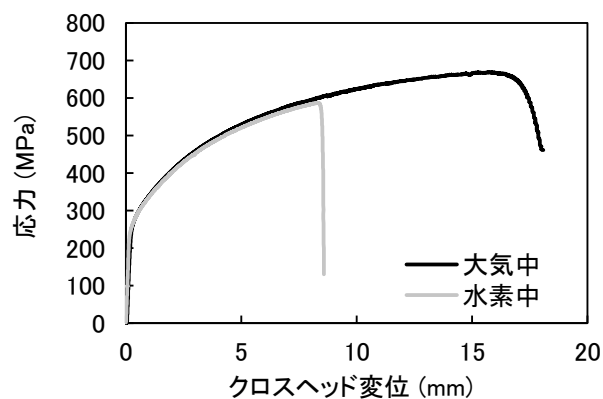


図3. SUS304のSSRT試験結果.

4. おわりに

当社では今回紹介した高圧水素ガス雰囲気材料試験機を活用することで、耐水素材料の特性向上やコスト低減につながる材料開発を推進し、水素社会構築に貢献していく所存である。

(問合せ先)

大同特殊鋼(株) 技術開発研究所
耐食・耐熱材料研究室
安東知洋
TEL: 052-611-9419
FAX: 052-611-7399

