

グロー放電による水素脆化の光学顕微鏡観察

Optical Microscope Observation of Hydrogen Embrittlement Caused by Glow Discharge

金村 俊輔 (プラズマ応用研究室)

(指導教員 八田 章光 教授)

1. 背景と目的

水素は利用時に二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギーキャリアであるという特徴を有しており、燃料電池や発電、輸送分野などへの応用が期待されている。このような水素社会の実現に向けては、水素の製造、貯蔵、輸送及び利用にかかわる技術の高度化が不可欠である。水素を取り扱う過程においては、配管、容器、電極など多くの金属材料が使用されるが、これらの材料が水素に曝される機会が増えるため、水素が悪影響を及ぼし、材料の信頼性および安全性の確保が極めて重要な課題である。

本研究では、得られた放電条件をもとに、水素導入中の金属材料表面を顕微鏡下でリアルタイム観察し、水素脆化によるき裂発生の瞬間および進展挙動を直接捉えることで、水素と金属材料の相互作用の理解を深めることを目的とした。

2. 実験装置

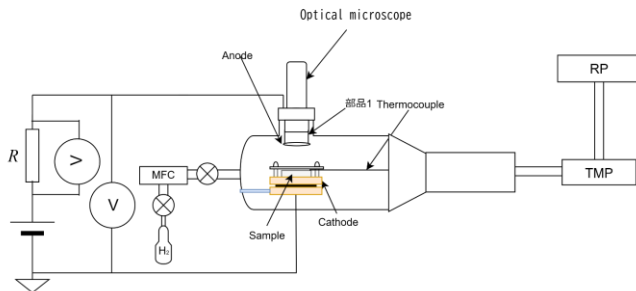


図1 実験装置

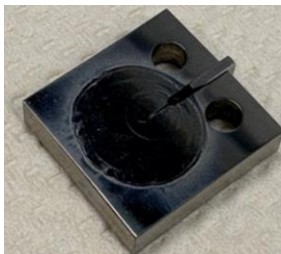


図2 使用したサンプル表面 図3 使用したサンプル裏面

実験で用いた装置を図1に示す。実験では、水素を流入させ、グロー放電を行い、サンプルの脆化を観察した。また、実験で用いたサンプルの表面は図2に、裏面は図3に示す。サンプルは、1辺20mm、厚さ5mmの正方形の中央に浅いくぼみがあり、側面から細いスリットを導入した金属板を用いた。グロー放電を行う時間を変化させ、時間ごとのクラックの進展を観察した。

3. 実験結果

図4はグロー放電を行う前のサンプルの表面を示したものである。グロー放電を10分、水素圧力が400Pa、チラーの設定温度を20°Cとした条件下で実験を行った。放電開始後、電流値を速やかに1mAで維持し、その状態を維持したまま所定の時間グロー放電を継続した。その後、放電を停止した後も水素ガス圧力400Paを約1時間維持し、水素はサンプル内部への拡散を促進させた。その後は水素流入を停止し、脆化の進行を観察した。進行した結果を図5に示す。



図4 グロー放電前



図5 グロー放電後

放電開始後、サンプル表面には初期からの亀裂が観測され、時間経過とともに亀裂先端部分が分岐しながら進展していく様子が観測できた。特に時間が経過するにつれて亀裂の長さが増加したこれらの観測結果は、グロー放電によって生成された水素が金属内部へ侵入し、亀裂の先端部分に集積することで材料の耐久性を低下させ、水素脆化による亀裂の増加を促進したことを示している。また、水素の流入を止めた後にも亀裂がわずかだが、広がっていた。

4. 考察

グロー放電時間を増加させると、サンプル表面と内部に侵入する水素量が増加するため、水素脆化の進展が顕著になったと考えた。グロー放電の時間を短くした2回目の放電ではサンプル表面と内部に侵食する水素量が少なく、クラックの進行が小さくなったと考えた。今回使用したサンプルには楔が打ち込まれており、打ち込んだ箇所から遠いほど応力が小さくなっているため、クラックの長さに変化が生じたと考えた。また、水素の流入を止めた後もクラックに進展があったのはサンプル内部に水素が残留しており、亀裂の増加に影響していると考えた。

5. まとめ

本研究では、水素中グロー放電と光学顕微鏡観察を組み合わせさせた装置を構築し、水素脆化に伴う亀裂の発生および進展をリアルタイムで観察した。その結果、放電によって生成された水素が金属内部へ侵入し、亀裂先端に集積することで亀裂が進展する様子を直接確認できた。また、グロー放電時間を短縮した場合には亀裂進展が小さくなることから、水素導入量が脆化挙動に大きく影響することが示唆された。さらに、サンプルに付与された応力分布も亀裂進展の差異に寄与している可能性が示された。以上より、本手法は水素脆化過程をその場観察する有効な手段であり、水素侵入量や応力条件と脆化挙動の関係を評価する上で有用であることが明らかとなった。