

# the 23rd European Conference on Fracture

## (第 23 回欧州破壊国際会議)

東北大学 金属材料研究所

助教 北條 智彦

(2019 年度 国際会議等参加助成 AF-2019071-X2)

キーワード：高強度鋼板，水素脆化，残留オーステナイト

### 1. 開催日時

2022 年 6 月 27 日 (月) -2022 年 7 月 1 日 (金)

### 2. 開催場所

Funchal, Madeira, Portugal

### 3. 国際会議報告

the 23rd European Conference on Fracture (ECF23, 第 23 回欧州破壊国際会議) は the European Structural Integrity Society (ESIS, 欧州構造基準協会) 主催で、ポルトガルのマデイラ島フンシャルで開催された。図 1 に受付付近に設置されたポスターを示す。マデイラ島はポルトガルの首都リスボンから南西に約 1000 km 離れた大西洋上の島で、国際会議開催時期の 6 月末は晴れの日が続き、昼間の気温は 23°C 前後でとても過ごしやすい気候だった。図 2 に国際会議会場のホテルからの眺めを示す。また、フンシャルはポルトガル代表のサッカー選手のクリスティアーノ・ロナウドの出身地であり、国際会議会場のすぐ下には博物館があった。図 3 に博物館広場に設置されていたクリスティアーノ・ロナウド像を示す。

ECF23 は本会議が第 23 回目の開催で、セラミックス、樹脂、複合材料などの材料、疲労、クリープ、腐食などの破壊現象、破壊力学、実験力学などの理論解析など、研究対象分野はさまざまであった。この国際会議では、水素脆化のテーマセッションが設定され、3 日間にわたって活発な議論が行われた。この水素脆化のセッションにて、「Hydrogen Embrittlement Property of Nitrogen Added TRIP-aided Martensitic Steels (窒素添加した TRIP 型マルテンサイト (TM) 鋼の水素脆化特性)」および「Hydrogen embrittlement behaviors in TRIP-aided bainitic ferrite steel with different deformation temperatures (TRIP 型ベイニティックフェライト (TBF) 鋼の異なる変形温度での水素脆化挙動)」の講演題目で 2 件の研究発表を行った。

Hydrogen Embrittlement Property of Nitrogen Added TRIP-aided Martensitic Steels (窒素添加した TRIP 型マルテンサイト (TM) 鋼の水素脆化特性) の講演発表では以下の報告を行った。水素吸蔵していない TM 鋼の全伸びは窒素添加にかかわらず約 15% だった。水素吸蔵していない TM 鋼の全伸びはひずみ速度が小さくなるにしたがって

わずかに小さくなった。一方、TM 鋼に水素吸蔵して引張試験を行うと全伸びは低下した。とくにひずみ速度が小さくなるにしたがって全伸びの低下が顕著になった。100 ppm の窒素添加した TM 鋼は窒素添加していない場合よりも全伸びの低下は抑制されたが、200 ppm の窒素添加した TM 鋼は水素吸蔵による全伸びの低下が窒素添加していない TM 鋼と比較して大きくなった。水素吸蔵なしで引張試験を行った TM 鋼の破面は非常に細かいディンプルが観察された。一方、水素吸蔵すると、水素吸蔵しない場合と同様に多くの領域でディンプルが観察されたが、一部で介在物とその周りに擬へき開き裂が進展した破面が観察された。エネルギー分散型 X 線分析 (EDX)、および電子線後方散乱回折 (EBSD) 解析により介在物は窒化アルミニウム (AlN) であることが明らかとなった。また、水素チャージした TM 鋼の水素分析により、窒素添加量が増加するにしたがって水素吸蔵量が増加することを確認した。これらの結果から、TM 鋼中に侵入した水素は AlN、または AlN/母相界面にトラップされ、引張試験中に AlN、または AlN/母相界面でのき裂発生を促進して、擬へき開き裂が AlN 周りに進展したと考えられた。そのため、窒素添加した TM 鋼は水素吸蔵によって全伸びの低下が顕著になったと考えられた。

Hydrogen embrittlement behaviors in TRIP-aided bainitic ferrite steel with different deformation temperatures (TRIP 型ベイニティックフェライト (TBF) 鋼の異なる変形温度での水素脆化挙動) の講演発表では下記の報告を行った。水素吸蔵しない TBF 鋼は試験温度が低下するにしたがって降伏応力がわずかに低下し、引張強さが上昇した。一方、一様伸びは 21°C で引張試験したときにもっとも大きくなり、試験温度が低下するにしたがって小さくなった。水素吸蔵して引張試験を行うと、いずれの試験温度でも一様伸びは低下した。水素吸蔵しない TBF 鋼の破面は -100°C、-30°C で引張試験した場合、主に擬へき開破壊を生じ、21°C、100°C では主にディンプルの延性破面が観察された。水素吸蔵後に引張試験した場合、-100°C、-30°C では主に擬へき開破壊を生じ、21°C、100°C ではディンプルと擬へき開の混合した破面が観察された。引張試験後の残留オーステナイト体積率は、試験温度が低下するにしたがって低下 (残留オーステナイトのマルテンサイト変態量が増加) した。また、水素吸蔵後に引張試験

を行った場合、残留オーステナイトのマルテンサイト変態量は水素吸蔵しないで引張試験した場合と比較して少なかった。試験温度低下による引張強さの上昇、一様伸びの低下は残留オーステナイトの安定性低下によるマルテンサイト変態の促進によりき裂発生、進展が促進されたためと考えられた。また、水素吸蔵による一様伸びの低下は、残留オーステナイトのマルテンサイト変態時のマルテンサイト近傍でのき裂発生、進展が促進されたことに起因したと考えられた。

### 謝 辞

本国際会議の参加に対し、ご支援いただきました公益財団法人天田財団に深く感謝いたします。



図2 国際会議会場からの景色



図1 受付に設置された ECF23 のポスター



図3 クリスティアーノ・ロナウド像