

415 水中での機械研磨過程における Zr/Ta 接合部の割れ発生挙動 -Zr とステンレス鋼の異材接合継手に関する研究(第8報)-

大阪大学大学院
(株)新潟鉄工所

西本和俊
才田一幸
○藤本哲哉

Behavior of crack at Zr/Ta interface with water polishing
-Study on Bonding of Zirconium and Stainless Steel (Report 8)-
by Kazutoshi NISHIMOTO, Kazuyoshi SAIDA and Tetsuya FUJIMOTO

1. 緒言

Zr は高耐食性を有する一方、水素を吸収すると水素脆化を示すことが知られている。これまでのところ、本研究では、水素チャージにより Zr/Ta 爆発接合界面に水素を添加すると、接合界面の Zr 側において水素化物析出に起因すると考えられる水素脆化割れが生じることを明らかにした。これまでの考察¹⁾によると、Zr が水素を吸収するような環境下、例えば継手の製作時に湿潤環境下で機械研磨を行った場合にも、水素脆化割れが生じることが懸念される。そこで、本報告では水中機械研磨過程での割れ発生挙動について検討を行った。

2. 供試材料および実験方法

用いた材料は前報²⁾までと同様である。水中機械研磨過程での水素の吸収機構を検討するため、Fig.1 に示す装置を用いた。本装置は上部から一定荷重が付加されたモータの軸先端に取り付けた砥石を回転させることにより、試験溶液中で試料を研磨しながら外部に接続したポテンシオスタットを用いて分極曲線および浸漬電位が測定できるようにしたものである。試験溶液は 0.1%Na₂SO₄ 水溶液を用い、液温は 300K とした。

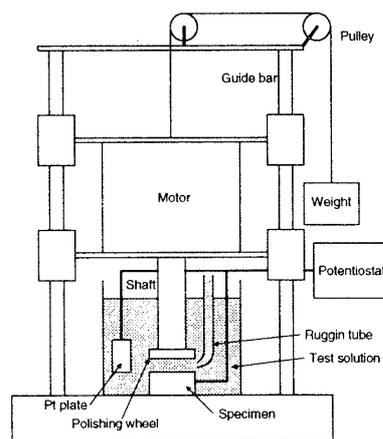


Fig.1 Schematic of water polishing instrument

3. 実験結果

3.1 水中研磨による Zr/Ta 接合界面での割れ

Zr/Ta 爆発接合継手を水中で研磨すると、Fig.2 に示すような割れが認められた。この割れは接合界面の Zr 側における集合組織形成領域(硬化域)で発生しており、時間の経過に伴い界面に沿って成長する。これは水素チャージによる水素脆化割れと発生位置および形態が酷似していることから、水素に起因した割れであると考えられる。一般的に常温の純水環境下では Zr は安定で水素を吸収しにくいですが、水中研磨過程で何らかの理由により Zr 中に水素が吸収され脆化割れを起こしたと推察されるため、以下においてこの割れの発生機構について検討した。

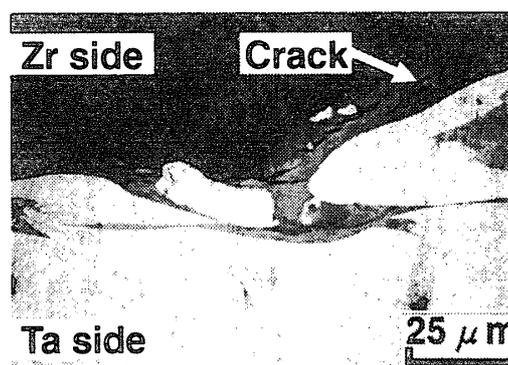


Fig.2 Crack of Zr/Ta interface with water polishing

3.2 水中研磨過程での電気化学的特性

水中での機械研磨過程における水素の吸収機構を検討するため、水中機械研磨時の Zr の電気化学的性質を調査した。Fig.3 に水中で機械研磨を行ったときの Zr の陽極分極曲線を示す。

機械研磨なしの状態では自然腐食電位は約-300mVであるのに対して、機械研磨中では約-1400mVにまで低下し、全ての電位領域で著しく高い陽極電流密度を示した。Zrは水中で機械研磨を行うことによって、水素の還元電位(-244mV)より大幅に卑な電位となることから、研磨過程ではZrは極めて活性な状態になり腐食すると同時に水素イオンの還元によって生じた水素を吸収する可能性が極めて大きいといえる。

3.3 Zr中への水素吸収量の推定

水中での機械研磨過程における水素発生量の定量的評価を行うために、Zr表面における水素発生に及ぼすTa含有量および塑性変形の影響について検討した。水素の還元量を示す腐食電流とTa含有量との関係をFig.4に、Zrの圧下率との関係をFig.5にそれぞれ示す。この結果、Zrの塑性変形は水素発生量を加速させる要因となり、逆にTa合金化により水素発生が抑制されることがわかった。

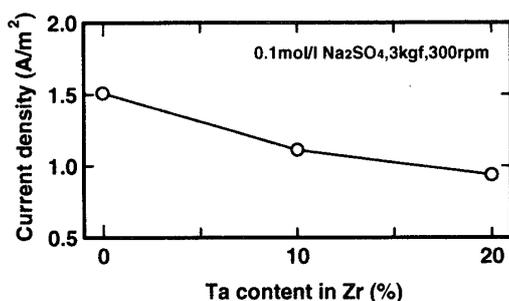


Fig.4 Effect of Ta content on corrosion current

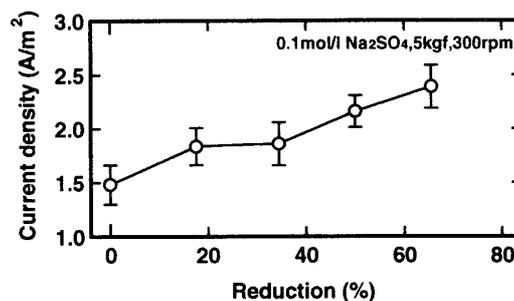


Fig.5 Effect of plastic deformation on corrosion current

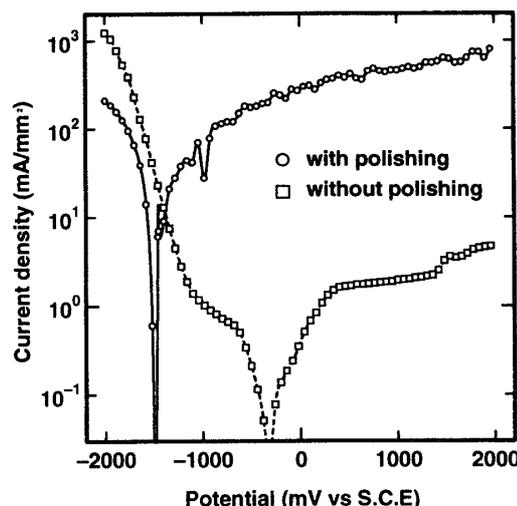
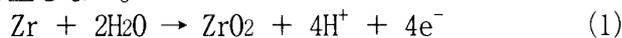


Fig.3 Anodic polarization curves of Zr with polishing and without polishing

3.4 水中研磨過程での水素脆化割れ発生機構

純水環境下ではZr表面は(1)式に示す反応により安定な酸化物皮膜に覆われるため、腐食はほとんど生じない。



しかし、機械研磨などによりZrO₂が除去されると、3.2項で示したようにZrの電位が大きく卑方向に移行し水素の還元電位より遙かに低くなることから、(2)式に示す還元反応が進むと考えられる。



すなわち、機械研磨中ではZr表面の酸化皮膜が除去されて活性な状態となり、表面で生成された原子状水素が特に加工の厳しいZr側の接合界面で容易に吸収される。Zr/Ta爆発接合界面近傍のZr中では、加工集合組織が形成されているため、吸収された水素はZrの集合組織と配向して脆弱な水素化物を形成する。この水素化物に接合界面近傍の残留応力が作用し、水素化物に割れが発生するとともに、割れが水素化物を選択的に伝播することにより、水素脆化割れに至ったものと推察される。なお、本研究の一部は科学技術庁の電源開発促進対策特別会計法に基づき、(社)日本溶接協会の受託によってなされたものである。

参考文献

- 1) 西本他、溶接学会全国大会講演概要集 第65集('99-11)
- 2) 中尾他、溶接学会全国大会講演概要集 第56集('95-4)