The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Zrとステンレス鋼異材接合継手の組織解析と水素脆化に関する研究
Author(s)	藤本, 哲哉
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44314
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名　藤本哲哉（ふじもと　てつや）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　17896　号

学位授与年月日　平成15年3月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当

工学研究科生産科学専攻

学位論文名　**Zrとステンレス鋼異材接合継手の組織解析と水素脆化に関する研究**

論文審査委員　（主査）

教　授　西本　和俊

（副査）

教　授　小林紘二郎　　教　授　豊田　政男　　助教授　才田　一幸

論文内容の要旨

本研究では、SUS304ULC/Ta/Zr爆発接合継手を対象として、接合部の組織的特性を明確にするとともに、接合継手の水素脆化挙動を把握することにより、接合施工における健全性評価と施工安全指針の提案を行うことを目的とした。

第1章は緒論であり、本研究の背景と問題点を指摘し、研究目的について述べた。

第2章では、Zrとステンレス鋼の接合に関する研究の現状と問題点についてまとめた。

第3章では、Zrとステンレス鋼異材接合部の組織解析を実施した。その結果、爆発接合界面において、波状組織内部で硬さが著しく高い生成相の形成が認められた。また、Ta/Zr界面近傍のZr側では、爆発接合時の強加工による硬化層が存在することも明らかにした。

第4章では、Ta/Zr爆発接合界面の硬化機構を明確にするために、接合界面を模擬したZr-Ta合金の硬化および相変態挙動について検討を行った。その結果、波状組織内部では接合後の冷却過程でスピノーダル分解によりTaを、その後の冷却でω変態により準安定ω-Zrを析出することを明らかにした。一方、界面近傍のZr側では、加工集合組織の形成を確認した。これらのことから、Ta/Zr爆発接合界面の硬化は、Taとω-Zrの析出硬化のみならず、加工硬化によるものと推察した。

第5章では、爆発接合継手における水素脆化機構を明確にするために、Zrにおける水素脆化挙動を把握した。その結果、Zrに水素を添加するとZrHの析出が生じ、直接観察により割れはZrHを起点に発生・伝播することを明らかにした。Ta/Zr爆発接合界面では、Zrの集合組織に配向してZrHが析出し、これに引張残留応力が作用することにより容易に水素脆化割れに至るものと推察した。

第6章では、Ta/Zr界面における水素拡散と水素化物析出に関する計算機シミュレーションを行った。その結果、接合直後にTaに含有した水素がZr側へ拡散し、界面近傍に集積することを明らかにした。さらに、集積した水素が固溶限を越えるとZrHが析出し、その析出量と析出領域が時間とともに増加することを示した。

第7章では、Ta/Zr界面での水素脆化防止に対する施工指針を明確化することを目的とし、水素脆化割れ試験を実施した。その結果、爆発接合施工時の爆薬量を6.0 kg/m^{2}以下、Ta素材中の初期水素量を10 ppm以内に抑制することにより、水素脆化に対する施工健全性は確保されることを明らかにした。

第8章は結論であり、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

Zr とステンレス銅の異材接合は接合界面部において金属間化合物の生成に起因する脆化が問題となる。この問題の克服のため、Ta をインサート材とした爆発接合の使用が検討されているが、この場合においても接合界面において金属開化合物の生成が避けがたいとの指摘がある。したがって、接合継手の信頼性を保証するために接合部の詳細な組織解析が必要である。また、Zr は水素を吸収する環境下においては水素脆化が生じるという本質的な問題がある。しかしながら、本研究で対象としている異材継手における水素脆化現象については、これまでほとんど研究された例がなく、水素脆化機構に関しても全く明らかにされていないのが現状である。本論文は、SUS304ULC/Ta/Zr 爆発接合継手を対象として、詳細な組織解析を実施し析出層の生成挙動を明確にすると同時に、接合継手部の水素脆化に対する挙動を明らかにすることにより継手作製における施工健全性の評価を行うことを目的としている。本研究で得られた結果を以下に総括する。

(1)爆発接合部の Ta/Zr 界面において、硬さが著しく高い生成相が生じることを示し、Zr 中に Ta が 20～30 at%固溶している部分が認められ、硬化が顕著な部分とほぼ対応することを明らかにしている。

(2)Ta/Zr 爆発接合界面では、接合後の冷却過程でβ-(Zr, Ta)固溶体が Ta とβ-Za にスピノーダル分解し、さらに冷却するとβ-Zr がマルテンサイト変態する過程で、一部ω変態してω-Zr を析出することを明らかにしている。Ta の析出に加えて、ω-Zr の析出が生じることで硬化が厳しくなると推察している。

(3)Ta/Zr 爆発接合継手が水素を吸収するような環境下に晒された場合、水素の発生量が最も多い Ta/Zr 界面の Zr 側近傍の加工層において、α-Zr の（0001）面の集合組織に配向して ZrH が析出し、Ta/Zr 接合界面近傍の Zr 側で生じた大きな引張残留応力により割れが ZrH に発生し、接合界面に平行に伝播・進展するものと論考している。

(4)Ta/Zr 界面での水素の拡散および ZrH の析出挙動について計算機シミュレーションを行い、接合直後に Ta 中の水素が Zr 側へ急激に拡散し、界面近傍に集積することを示している。Ta/Zr 界面の Zr 側に集積した水素は、固溶限を越えると ZrH として析出し、時間の経過とともに成長すると同時に析出領域も拡大することを明確にしている。

(5)SUS304ULC/Ta/Zr 爆発接合継手における、水素脆化割れ発生の限界水素量は約 800 ppm であり、接合前の Ta 中の水素量を 10 ppm 以内に抑制することにより、水素脆化に対する施工健全性は確保されるとの結論を示している。

以上のように本論文は、SUS304ULC/Ta/Zr 爆発接合継手において、接合界面の詳細な組織解析を行い、接合界面で生じる硬化機構を明らかにしている。さらに、接合継手で生じる水素脆化挙動および水素脆化機構を明確にしており、Ta/Zr 界面での水素脆化を低減するための施工安全指針の提案を行っている。これらの知見は Zr とステンレス鋼の異材接合継手における健全性の評価に対して重要な示唆を与えることが展望され、その成果は、材料加工工学及び生産科学の発展に寄与するところが大である。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。