

自己評価報告書

平成23年5月25日現在

機関番号：82108

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20360319

研究課題名(和文) Niフリー高窒素オーステナイト系ステンレス鋼の擬似体液中フレット疲労特性

研究課題名(英文) Fatigue property of nickel-free high-nitrogen austenitic stainless steels in simulated body fluid

研究代表者

丸山 典夫 (MARUYAMA NORIO)

独立行政法人物質・材料研究機構・生体材料センター・主幹研究員

研究者番号：00343856

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造材料

キーワード：バイオマテリアル

1. 研究計画の概要

本研究は、Niフリー高窒素オーステナイト系ステンレス鋼(HNS)の生体環境下におけるフレット疲労(微小振幅の磨耗を伴う)腐食疲労破壊機構のメカニズムを解明するとともに、長期的な信頼性・安全性を確保することを目的とする。(1) HNS鋼、冷間圧延を施した SUS316L鋼を用いて、大気中および擬似体液中で疲労、フレット疲労試験を行い、応力振幅一破断繰返し数の関係を把握した。

(2) 両試料の大気中および擬似体液中におけるフレット疲労損傷部についてフレット疲労き裂発生位置、EPMA分析、形状測定、摩擦係数、分極試験などについて、比較検討した。

2. 研究の進捗状況

加圧式 ESR 法により製造した、Niフリー HNS 鋼 (Fe-23Cr-1Mo-1N wt%)、20%冷間圧延し、0.2%耐力を本高窒素鋼に合わせた SUS316L 鋼を比較材として用いた。なお、フレット疲労試験条件は、応力比 R が 0.1、荷重繰返し速度は大気中では 20 Hz、擬似体液中では 2 Hz で行った。その際、試験片とフレット疲労パッドは同一材料を使用し、パッド接触面圧は 30 MPa で行った。その結果、下記のことが明らかになった。

(1) HNS 鋼および 20%冷間圧延した SUS316L 鋼の 10E7 回通常疲労強度は、大気中および擬似体液中で差はなく、両鋼種とも約 320-340 MPa であった。

(2) HNS 鋼の両環境中の 10E7 回フレット疲労強度は大きな差はなく、通常疲労強度に比べて約 10%低下した。そ

れに対して、SUS316L 鋼の 10E7 回フレット疲労強度は、両環境で差はないが、通常疲労強度に比べて半減した。

(3) フレット疲労強度に影響を及ぼす種々の因子について調べた。

① 両鋼種とも疲労き裂は、フレット疲労損傷部から発生していた。大気中では、パッド接触部中央部から、擬似体液中ではパッド接触部外端部から発生していた。

② 両鋼種でフレット疲労部の摩擦係数は差はなく、大気中では応力振幅に依存して増加した。擬似体液中では、比較的低い応力振幅で、摩擦係数は約 0.4 で一定値を示した。

③ フレット疲労部の摩擦損傷は、両鋼種で差はなく、大気中では摩擦損傷はほとんど見られなく、擬似体液中では約 20 μm の摩擦が観察された。

④ HNS 鋼および SUS316L 鋼の腐食特性を、静置環境下でアノード分極した結果、両鋼種とも顕著な差は見られなかった。しかし、20%冷間圧延した SUS316L 鋼は孔食の発生が見られたのに対して、HNS 鋼では孔食の発生は見られなかった。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

Niフリー HNS 鋼、20%冷間圧延した SUS316L 鋼の大気および擬似体液中におけるフレット疲労挙動については順調に進んでいる。しかし、両鋼種のフレット疲労強度に影響を及ぼす力学的因子に差が見られないため、解析がやや遅れている。

4. 今後の研究の推進方策

HNS 鋼は両環境ともに通常疲労強度に比べ、フレット疲労強度に大きな差は

ない。しかし、SUS316L 鋼のフレッティング疲労強度は通常疲労強度に比べて半減した。このフレッティング疲労挙動の違いは、摩耗、摩擦係数などの種々の影響因子を検討した結果、両鋼種で大きな相違は認められない。

(1) フレッティング疲労寿命は、き裂発生寿命とき裂伝播寿命に分けられるので、両鋼種を用いて、大気中と擬似体液中下で、フレッティング中断試験（フレッティング疲労試験→通常疲労試験に移行する試験）を行いフレッティングによるき裂発生挙動の相違を検討する。

(2) 機械的に新生面を露出させて分極試験を行い、大気酸化皮膜を電気化学的に除去して新生面を露出させた後の分極試験と比較検討する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- (1)Norio Maruyama, Daisuke Mori, Sachiko Hiromoto, Kenji Kanazawa, Morihiko Nakamura, Fatigue strength of 316L-type stainless steel in simulated body fluids, Corrosion Science, (in press), 査読有
- (2)Norio Maruyama, Fatigue and fretting fatigue behavior of metallic Biomaterials, Materials Science Forum, 638-642, 618-623, (2010), 査読有.
- (3)Norio Maruyama, Masatomo Sanbe, Yasuyuki Katada, Kenji Kanazawa, Fatigue property of nickel-free high-nitrogen austenitic stainless

steels in simulated body fluid, Mater. Trans. 50, 2615-2622,(2009), 査読有.

- (4)丸山典夫, 三部真智, 片田康行, 金澤健二, Niフリー高窒素オーステナイト系ステンレス鋼の擬似体液中疲労特性, 日本金属学会誌, 73, 7-14, (2009)、査読有.

[学会発表] (計 4 件)

- (1)丸山典夫, 片田康行, 中村森彦, Niフリー高窒素ステンレス鋼の PBS(-) 中フレッティング疲労特性、日本金属学会、2010/09/25、北海道大学.
- (2)丸山典夫, 片田康行, 中村森彦, Niフリー高窒素ステンレス鋼の擬似体液中フレッティング疲労特性、日本鉄鋼協会、2010/03/30、筑波大学.
- (3)Norio Maruyama, Fatigue Behavior of SUS316L Steel in Simulated Body Fluid, 176th Committee on Process Created Materials Function Japan Socie, 2009/12/13, Tohoku University.
- (4)Norio Maruyama, FATIGUE AND FRETTING FATIGUE BEHAVIOR OF METALLIC BIOMATERIALS. 2009/08/26, Technical University – Berlin.

[図書] (計 2 件)

- (1)Norio Maruyama, WOODHEAD PUBLISHING LIMITED, Metals for biomedical devices, 157-177.
- (2)Sachiko Hiromoto, WOODHEAD PUBLISHING LIMITED, Metals for biomedical devices, 99-121.