

## 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(C)

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20560662

研究課題名（和文） ニッケル基合金のクリープ疲労特性に及ぼす金属組織依存性の解明

研究課題名（英文） Influence of microstructures on creep-fatigue properties for nickel based superalloy

研究代表者

早川 正夫（HAYAKAWA MASAO）

独立行政法人物質・材料研究機構・材料信頼性センター・主任研究員

研究者番号：50354254

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・ 構造・機能材料

キーワード：高温疲労、低サイクル疲労、クリープ疲労、アロイ 617、結晶粒径、析出物、結晶粒界、原子間力顕微鏡

## 1. 研究計画の概要

主蒸気温度 700℃超級の次世代型発電プラント機器の使用環境を念頭において、ボイラー用候補材であるニッケル基合金アロイ 617(Ni-22Cr-12Co-9Mo)の 700℃における種々の波形（引張保持、圧縮保持、引張・圧縮保持）のクリープ疲労特性に及ぼす金属組織の影響を調べることを目的としている。そのため、溶体化熱処理によって異なる結晶粒径に調整した種々のアロイ 617 に対して、種々の波形（引張保持、圧縮保持、引張圧縮保持）のクリープ疲労特性を解明し、実機に対する疲労設計指針の構築に寄与する。

## 2. 研究の進捗状況

粗大粒と細粒が層状に分かれて分布している混粒組織を有する受入まま材（1177℃で加熱済み：平均粒径 100 μm）を、さらに 1220℃で 1 時間加熱保持し、比較的粒径を揃えた平均粒径 200 μm の組織を得た（その間、室温引張強度は 40MPa 低下、700℃では 70MPa 低下）。電解研磨面を原子間力顕微鏡で、下部組織を透過電子顕微鏡でそれぞれ観察した。そして両者の観察結果から、析出物分布の定量評価と析出物同定を実施した。

また、三角波ひずみ制御による 100 万サイクルまでの疲労特性では、受入まま材と 1220℃加熱材との間で顕著な差が無いことを明らかにした。引張保持(0.1 時間保持)台形波による 2 千サイクルまでのクリープ疲労特性でも、両者に顕著な差はなかった。700℃のアロイ 617 の三角波による純粋な疲労寿命特性は、5 万サイクル以上の長寿命域において他の鉄鋼材料より顕著に優れる一方、同一試験条件におけるクリープ疲労寿命は

SUS304 などに比べて短かった。この原因は、アロイ 617 のクリープ破断延性が低いことによるものと考察された。

## 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

順調に進捗しており、基準となる溶体化熱処理材に対して、三角波と引張保持、圧縮保持、引張・圧縮保持の疲労寿命特性を明らかにできた。引張保持波が最も短寿命となった。

## 4. 今後の研究の推進方策

ニッケル基合金アロイ 617 の 700℃におけるクリープ疲労特性に及ぼす金属組織の影響を解明するために、溶体化熱処理によって異なる結晶粒径に調整した種々のアロイ 617 に対して、種々の波形（引張保持、圧縮保持、引張圧縮保持）のクリープ疲労試験を引き続き実施する。

そのため、結晶粒径を著しく大きくする 1250℃で溶体化熱処理を施した材料に加えて、1200℃と 1220℃で溶体化熱処理を施した材料に関して、疲労試験片を作製し、引張保持台形波による長期間のクリープ疲労試験を追加して実施する。

そして、疲労破面を観察し、破壊様相を解析すると共に、破断試験片から組織観察用の試験片を切出し、組織観察用の特殊処理を施した後に組織解析を行う。

組織観察面の処理には、電解研磨と化学機械研磨を組合せて行い、表面高低差 20nm 以下の超平滑面を作成する。破面・組織観察には、電界放射型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) の二次電子像と反射電子像あるいは原子間力顕微鏡 (AFM) を用いる。そして、粒界・粒

内の析出物分布及び結晶相の分布を、画像処理ソフトを用いて定量評価し、結晶粒径と引張保持台形波クリープ疲労特性の関係を解析する。

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7件)

- (1) K. Kobayashi, M. Hayakawa, M. Kimura: “Creep-fatigue interaction properties of nickel-based superalloy 617”, Acta Metallurgica SINICA, 24, pp.125-131. (2011) 査読有
- (2) K. Kobayashi, M. Hayakawa, M. Kimura, K. Yamaguchi: “Characterization of fatigue property for 316FR at elevated temperatures”, Strength, Fracture and Complexity, 6, pp.129-139. (2010) 査読有
- (3) 早川正夫, 木村恵, 小林一夫: クリープ疲労したフェライト系耐熱鋼 (12Cr-2W) のサブグレイン組織解析、圧力技術、47, pp. 107-114. (2009) 査読有
- (4) 早川正夫, 木村恵, 小林一夫: クリープ疲労に優れるフェライト系耐熱鋼 (12Cr-2W) のサブグレイン組織解析、圧力技術、47, pp.154-160. (2009) 査読有
- (5) M. Kimura, M. Hayakawa, K. Kobayashi: “Characterization of precipitate distributions for ferritic heat-resisting steel with superior to creep-fatigue property”, Strength, Fracture and Complexity, 5, pp.167-179. (2009) 査読有
- (6) K. Kobayashi, M. Hayakawa, M. Kimura, K. Yamaguchi: “Effects of compressive strain hold on low-cycle fatigue life at elevated temperatures”, Strength, Fracture and Complexity, 5, pp.89-96. (2009) 査読有
- (7) 木村恵, 早川正夫, 小林一夫, 山口弘二: 高強度フェライト系耐熱鋼の長期高温疲労特性の解析、圧力技術、47, pp.161-170. (2009) 査読有

[学会発表] (計6件)

- (1) 早川正夫, 小林一夫, 木村恵: “ニッケル基超合金アロイ 617 の長期高温低サイクル疲労特性の解明 “、日本材料学会第 48 回高温強度シンポジウム (2010)、高知市
- (2) K. Kobayashi, M. Hayakawa, M.

Kimura: “Creep-fatigue interaction properties of nickel-based superalloy 617”, 7th China-Japan Bilateral Symposium on High Temperature Strength of Materials (2010), Dailian

- (3) M. Hayakawa, K. Kobayashi, M. Kimura, K. Yamaguchi:

“Characterization of fatigue property for 316FR at elevated temperatures”, 7th China-Japan Bilateral Symposium on High Temperature Strength of Materials (2010), Dailian

- (4) K. Kobayashi, M. Hayakawa, M. Kimura: “High-Cycle Fatigue Properties of Ni-Based Alloy 718 and Iron-Based A286 Superalloys at High Temperature”, 12th International Conference on Fracture (2009), Ottawa

- (5) M. Hayakawa, M. Kimura, K. Kobayashi: “Characterization of Subgrains for Ferritic Heat-Resisting Steels with Different Creep-Fatigue Susceptibility”, 12th International Conference on Fracture (2009), Ottawa

- (6) M. Hayakawa, K. Kobayashi, M. Kimura, K. Yamaguchi: “The Effect of Compressive Strain Hold on the Low Cycle Fatigue Life of Various Materials at Elevated Temperature”, 3rd EPRI Expert Workshop on Creep-Fatigue Damage Interaction (2008), Kyoto

[産業財産権]

○取得状況 (計2件)

名称: 試料の組織を映像化する為の観察面処理方法

発明者: 小野嘉則, 早川正夫, 松岡三郎, 古谷佳之, 木村恵

権利者: 独立行政法人物質・材料研究機構

種類: 特許

番号: 第 4565142 号

取得年月日: 平成 22 年 8 月 13 日

国内外の別: 国内

名称: 高温疲労試験法

発明者: 木村恵, 山口弘二, 小林一夫, 早川正夫

権利者: 独立行政法人物質・材料研究機構

種類: 特許

番号: 第 4524369 号

取得年月日: 平成 22 年 6 月 11 日

国内外の別: 国内