

氏 名	ときまさかつゆき 時 政 勝 行
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2541 号
学位授与の日付	平成 4 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	耐熱鋼の高温クリープ疲労に関する研究

論文調査委員 (主査)
教授 大谷隆一 教授 井上達雄 教授 駒井謙治郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、低合金鋼およびオーステナイト系ステンレス鋼の高温におけるクリープ疲労に関する実験を種々の条件下で実施し、その繰返し変形および破壊挙動をひずみ範囲分割の概念に基づいて検討した結果をまとめたものであって、緒論、本文 9 章および結論から成っている。

緒論では、耐熱鋼の高温低サイクル疲労および熱疲労の寿命評価に対するひずみ範囲分割の概念の有効性および発展可能性を指摘し、本研究の目的と意義ならびに本論文の構成について述べている。

第 1 章では、オーステナイト系ステンレス鋼のクリープ疲労挙動に及ぼす温度、ひずみ速度、ひずみ波形および長時間時効の影響を明らかにするための実験を行い、それら影響因子を NASA の Lewis Research Center にて開発されたひずみ範囲分割法によって評価する場合の問題点を指摘し、その解決策としての適性試験条件を提示している。

第 2 章では、高温クリープ疲労特性を迅速に評価するための具体的な試験手法を提案し、それを各種耐熱鋼に適用した結果について述べている。すなわち、迅速評価試験として対称および非対称三角ひずみ波形を用いる 4 種類の試験を実施すれば 4 種類の分割ひずみ範囲が求められ、それぞれに対して異なる特有の寿命関係が存在するとしている。

第 3 章では SUS304 鋼について、第 4 章では 2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo 鋼について、それぞれ高温真空中で疲労試験を実施し、クリープ疲労特性に及ぼす大気雰囲気の影響を明らかにしている。すなわち鋼種および負荷されるひずみの種類、換言すれば上記 4 種類の分割ひずみ範囲によって雰囲気効果が異なることを示し、新しい雰囲気効果モデルを提案している。

第 5 章では、第 3 および 4 章で得られた知見をもとに、大気雰囲気の影響が無視できる高真空中の高温クリープ疲労特性に関する 4 種類の一般表示式を導出している。

第 6 章では結晶粒径の影響を調べ、大気中および真空中の特性表示式に結晶粒径依存を表す項を加えている。

第 7 章では破面およびき裂の観察を行い、上記 4 種類の試験によって破壊形態の異なることを明かにし、

クリープ疲労の破壊機構と寿命の関係について論じている。

第8章では微視的き裂の進展挙動を推測し、分割ひずみ範囲の種類によって異なるき裂進展速度を表す式を仮定して、それに基づく平滑材の寿命推定法を提案している。さらに、この方法を変動ひずみ条件下のクリープ疲労寿命推定に適用することが可能であることを示唆している。

第9章では、本研究成果の応用として、「火力発電プラントタービンバルブの破損寿命推定」および「高炉鉄皮の余寿命推定」を行い、実際の構造物の寿命あるいは余寿命推定への適用性を論じている。また、本研究によって得られた4種類のクリープ疲労特性式に基づいて設計疲労曲線を求める具体的かつ簡便的な手法を提案している。さらに、実働荷重を想定して種々の変動ひずみ波形を受ける場合の寿命推定に関する具体的手法を提案し、より統一した考え方によって実際の高温構造部材の寿命が評価し得ることを示している。

最後に以上の結果をまとめて結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高温における材料の破壊問題のなかでも最も複雑な熱疲労破壊を解明するため、その基礎となる耐熱鋼の一定温度下のクリープ疲労について、ひずみ範囲分割の概念に基づいてクリープと疲労の相互作用に関する分析的研究を実施し、成功を収めたものである。得られた主な結果は以下のとおりである。

1. クリープ疲労相互作用を迅速かつ容易に解析するための実験条件を明かにし、迅速評価試験の方法を提案した。すなわち、動的ひずみ時効の生じない温度およびひずみ速度の範囲で、低速クリープ変形と高速塑性変形を組み合わせた対称あるいは非対称三角ひずみ波形を用いる4種類の試験を行えば、クリープ疲労の特性を分類することができることを示し、その具体的方法を提示した。

2. この試験方法によって低合金鋼およびオーステナイト系ステンレス鋼の高温クリープ疲労試験を行い、クリープ疲労の繰返し変形および破壊に及ぼす鋼種、温度、ひずみ速度、ひずみ波形、加熱時効、大気雰囲気、結晶粒径等の影響を明かにした。すなわち、上記4種類の試験によって鋼種ごとに温度、ひずみ速度、ひずみ波形および時効の影響が分類でき、それぞれに対して大気雰囲気の影響、結晶粒径の依存性およびき裂形態や破壊機構が異なることを示した。

3. 以上の実験結果をまとめて、4種類の分割ひずみ範囲とそれぞれに対応する固有の破壊繰返し数の間の関係を定式化した。さらに、この関係式は実際の高温構造物に適用する場合の設計疲労曲線を求めたり、実働ひずみ条件下の寿命あるいは余寿命を推定するのに有効であることを示した。

以上、要するに本論文は、耐熱鋼のクリープ疲労性質を合理的に評価することができ、かつ実機の熱疲労寿命あるいは余寿命を高精度で推定することができるひずみ範囲分割法を確立したものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、京都大学博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成3年11月21日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。