

氏名	みや はら みつ お 宮 原 光 雄
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)
学位記番号	論エネ博第 20 号
学位授与の日付	平成 13 年 9 月 25 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	耐熱鋼のクリープ疲労損傷則に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 井上達雄 教授 大谷隆一 助教授 星出敏彦

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、高温機器の余寿命評価や変動ひずみ条件下の寿命評価への適用が可能な新たなクリープ疲労損傷則を提案し、その有効性を実験によって検証したものである。

第 1 章では、本研究の位置づけと技術課題ならびに研究の目的を述べている。すなわち、高温機器の余寿命評価や変動ひずみ条件下の寿命評価を行う場合に、使用するクリープ疲労寿命評価法が満足すべき条件を挙げ、現在までに提案されている評価法についてこの観点から比較検討を行っている。この結果、材料損傷の指標として平滑材のき裂の成長挙動に着目した評価法が必要であることを指摘している。さらに、負荷条件からひずみ範囲分割概念に基づきき裂進展則を用いて平滑材のき裂進展曲線を予測し、これを損傷発達曲線として使用することによって、余寿命評価や変動ひずみ条件下の寿命評価に適用できるクリープ疲労損傷則が導出できることを述べている。

第 2 章では、余寿命評価や変動ひずみ条件下の寿命評価への適用が可能な新たなクリープ疲労損傷則を提案している。この損傷則は、高温での繰返し変形中に生じる塑性ひずみとクリープひずみの大きさとその組合せから材料中のき裂の成長曲線を予測するもので、き裂長さを材料の損傷状態を表す指標とし、き裂長さが負荷条件や機器寸法によって決まる限界値に達した時点を寿命と定義するものである。まず、この損傷則を導出するための平滑材におけるき裂進展挙動のモデル化について考察し、材料パラメータの決定法を示している。すなわち、平滑材の変動ひずみ条件下におけるクリープ疲労特性と損傷発達曲線の間の相関を考慮して、平滑材の 2 段 2 重変動ひずみクリープ疲労試験を中心とする 3 種の試験結果から損傷発達曲線を推定する方法を提案している。

第 3 章では、フェライト系およびオーステナイト系耐熱鋼のそれぞれの代表鋼種である Mod. 9Cr-1Mo 鋼と 316LC 鋼について、第 2 章で提案した 3 種の試験を実施し、本研究で提案するクリープ疲労損傷則における材料パラメータを具体的に決定するための結果を示した。

第 4 章では Mod. 9Cr-1Mo 鋼、316LC 鋼について第 3 章での試験結果に基づいて、提案損傷則における材料パラメータを実際に決定している。さらに、この材料パラメータを用いて変動ひずみ条件下における平滑材のクリープ疲労寿命を予測し、提案損傷則が従来広く用いられている線形損傷則よりも高精度の結果を与えることを述べている。また、クリープ疲労試験途中における平滑材の表面き裂の進展挙動を観察し、提案損傷則で損傷発達曲線として使用する平滑材のき裂進展曲線と実際のき裂進展曲線の間に相関があることを示した。

第 5 章では本研究で提案するクリープ疲労損傷則を適用した寿命評価法および余寿命評価法について述べている。すなわち、提案損傷則を応用した寿命評価法として、異なる寸法の試験片のクリープ疲労寿命、任意長さのき裂の発生寿命などを評価する手順を提示している。さらに、構造物で測定したき裂長さから提案損傷則を用いて余寿命を推定する具体的な手順を提案し、Mod. 9Cr-1Mo 鋼、316LC 鋼のクリープ疲労試験途中における平滑材の表面き裂長さ測定データに基づいて試験片の余寿命の推定を行い、提案手法による余寿命評価精度をまとめている。

第 6 章では、本研究で提案するクリープ疲労損傷則に関し今後解決すべき課題について考察している。すなわち、課題と

してさらに一般的な負荷条件下への拡張，材料パラメータの簡便評価法の構築が必要であることを指摘し，解決のための検討方針に対する示唆を与えている。

最後に第7章では本研究で得られた結果ならびに成果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本研究は，高温機器のクリープ疲労寿命評価および余寿命評価の精度向上を図ることを目的としてなされたものであり，得られた主な結果は以下のとおりである。

- (1)各種の構造物の高温クリープ疲労寿命評価への適用実績をもち，その有効性が認知されているひずみ範囲分割法とこの概念に基づくき裂進展則を，改良し発展させることによって，ひずみ範囲分割概念に基づくクリープ疲労損傷則を提唱した。この損傷則は，高温での繰返し変形中に生じる塑性ひずみとクリープひずみの大きさとその組合せから材料中のき裂の成長曲線を予測するもので，き裂長さを材料の損傷状態を表す指標とし，き裂長さが負荷条件や機器寸法によって決まる限界値に達した時点が寿命と定義するものである。
- (2)この新しい損傷則では平滑材中のき裂の進展曲線を損傷発達曲線として用いるため，材料損傷の定義と破壊のクライテリオンが明確であり，損傷発達曲線の負荷履歴，負荷条件依存性を考慮して寿命評価を行うことができる。
- (3)損傷則における材料パラメータは，平滑材の一定ひずみ範囲クリープ疲労試験，2段2重変動ひずみクリープ疲労試験，中央貫通切欠き試験片のクリープ疲労き裂進展試験によって決定することができ，この決定のための具体的な手順を示した。
- (4)フェライト系およびオーステナイト系耐熱鋼のそれぞれの代表鋼種である Mod. 9Cr-1Mo 鋼と 316LC 鋼について，(3)項で提示した手順に基づいて具体的に材料パラメータを決定した。
- (5)新しい損傷則には以下のような利点があることを示した。
 - ・新しい損傷則を用いることにより，従来広く用いられている線形損傷則を用いた場合に比べて，変動ひずみ条件下の寿命評価精度が向上することを試験により確認した。
 - ・新しい損傷則は構造物の余寿命評価への適用が可能であり，構造物でき裂長さを測定してその余寿命評価を行う具体的な手順を提示した。さらに，クリープ疲労試験途中の平滑試験片の表面き裂長さをレプリカ法で測定し，提案手法によって試験片の余寿命評価が可能であることを確認した。
 - ・新しい損傷則を用いることによって，寸法が異なる試験片のクリープ疲労寿命の評価，任意長さのき裂に対する発生寿命の評価など，従来のクリープ疲労損傷則では合理的に評価できない課題を容易に解決できることを指摘し，その具体的な手順を提示した。
- (6)今後の検討課題として，新しい損傷則をさらに一般化し，任意の負荷条件や材料へ適用可能とすることを指摘した。このための検討例として，提案した損傷則についてラチェットひずみを伴う負荷条件下へ適用できるように拡張するとともに，実用的な観点から材料パラメータの簡便評価法的具体例も示した。

以上のように，本研究では，高温機器の寿命・余寿命評価精度の向上に向けた新しい損傷則を提案し，その導出方法，活用方法を具体的に提示するとともに，その有効性を実験的に明らかにしている。これらの知見は実際の高温機器の寿命・余寿命評価や延命化にも活用されており，工業的および工学的な意義も大きい。

よって本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成13年8月7日，論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。