

# 主 論 文 要 旨

2011年 3月 31日

論文題名

## Reliability Evaluation of Gigacycle Fatigue Properties for High Strength Steels Based on Crack Initiation and Propagation Behaviors

ふりがな                      り    うえい  
学位申請者                      李    偉

主論文要旨

Study on gigacycle fatigue in the life regime much longer than  $10^7$  cycles has been a subject in recent years due to the occurrence of fatigue failure of some metals in this life regime at stress below traditional fatigue limit. From theoretical and practical considerations, it is necessary to develop new methodologies of life prediction and assessment to safely extend the service lifetimes of mechanical components. These methodologies must also allow for the design of new components with fatigue lifetimes significantly greater than  $10^7$  cycles. These requirements motivate the need to understand the fundamental failure mechanisms of metals in gigacycle regime.

For this purpose, surface failure modes of metals in gigacycle regime were firstly reviewed. Then, fatigue tests in rotating bending and in axial loading for a bearing steel, GCr15 and two kinds of spring steels, SUP7-T450 and SUP7-T386, were performed to discuss the fatigue failure mechanism of high strength steel in gigacycle regime. Furthermore, fatigue tests to examine the crack growth rate and crack-tip opening displacement for a cast steel, ZG25MnNi, were performed to discuss the probabilistic crack growth behavior.

Main conclusions obtained in this study are summarized as follows:

1. Surface failure induced by surface small defect has been a noticeable failure mode in gigacycle regime.
2. Duplex  $S-N$  curves characteristics is more distinct in rotating bending than in axial loading.
3. Formation mechanism of FGA induced by inclusion is independent of loading type.
4. Interior inhomogeneous microstructure as soft phase can cause interior crack initiation to failure in gigacycle regime.
5. Surface compressive residual stress can effectively increase fatigue strength with surface failure.
6. Six probabilistic crack growth rate curve models can better evaluate the scatter of test data in the entire crack propagation region.

# 主 論 文 要 旨

2011年 3月 31日

論文題名

## き裂発生および進展挙動に基づく高強度鋼のギガサイクル疲労特性の信頼性評価

ふりがな                      り    うえい  
学位申請者                      李    偉

主論文要旨

従来の疲労限度以下の応力を負荷した際にも金属材料の疲労破壊が生じるため、近年では  $10^7$  回より著しく長いギガサイクル領域を対象としたギガサイクル疲労に関する研究が注目されている。理論および実験的見地から機械部品の実働年数を長寿命化させるためには、新しい寿命予測および評価法の開発が必要とされている。この方法論は、 $10^7$  回より著しく長い疲労寿命域を考慮した新しい機械部品の設計にも適用しなければならない。このような要求に応えるため、超長寿命域における金属材料の基礎的破壊メカニズムを理解する必要がある。

このような目的から、ギガサイクル域における金属材料の表面破壊モードについて最初に総合的に検討した。そして、このような超長寿命域における高強度鋼の疲労破壊メカニズムを議論するために軸受鋼 (GCr15) およびばね鋼 (SUP7-T450, SUP7-T386) について回転曲げおよび軸荷重疲労試験を行った。さらに、確率的き裂進展挙動を議論するため鋳鋼 (ZG25MnNi) についてき裂進展とき裂先端開口変位を調べる疲労試験を行った。

本研究で得られた結論を以下に示す。

1. 表面の微小欠陥によって生じる表面破壊は、ギガサイクル域における顕著な破壊モードの一つである。
2. 二重  $S-N$  特性は回転曲げ試験よりも軸荷重試験において顕著に生じる。
3. 介在物によって生じる FGA の形成メカニズムは、荷重負荷形式に依存しない。
4. 硬さの低い内部不均一組織はギガサイクル域において内部き裂を誘発する。
5. 表面の圧縮残留応力は表面破壊の疲労強度を効果的に上昇させる。
6. 6 個の確率き裂進展曲線モデルは、全き裂進展領域における試験データのばらつきを評価することが可能である。