OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	高温条件下における疲労き裂伝ぱの下限界挙動に関する研究
Author(s)	田村, 栄一
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40583
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏名	田村栄一（たむらえいいち）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 13838 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科産業機械工学専攻
学位論文名	高温条件下における疲労き裂伝ぱの下限界挙動に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 久保 司郎 （副査） 教授 城野 政弘　教授 北川 浩　教授 花崎 伸作 教授 三好 隆志　教授 奈賀 正明

論文内容の要旨

本論文は，高温条件下における疲労き裂伝ぱ挙動の検討を行い，き裂が進展しなくなる下限界に関して，知見を得ることを目的としたものである。論文は以下の9章および付録により構成されている。

第1章では，本研究の背景および研究目的について述べている。

第2章では，材料，試験片および各種パラメータの計算法について述べている。

第3章では，き裂開閉口測定法として用いたレーザ干渉法について述べている。

第4章では，オーステナイト系ステンレス鋼SUS304を用い，下限界近傍における高温疲労き裂伝ぱ挙動について，き裂開閉口挙動を考慮に入れて検討を行っている。その結果，き裂開閉口挙動およびき裂進展挙動の両挙動の変化点に対応関係が認められている。また，下限界近傍の疲労き裂伝ぱ挙動は有効応力拡大係数幅ΔK_{eff}により整理され，下限界値に温度依存性が見られている。

第5章では，SUS304鋼を用い，K_{max}一定試験法により高温疲労き裂伝ぱ試験を行い，下限界状態においてK_{max}を上昇させ実験を再開させている。その結果，K_{max}上昇後のΔKの領域によりき裂進展挙動が2つに大別され，再開させた後のΔK値が通常のΔK漸減下で得られる下限界値（ΔK_{th}）C以上であれば，通常のき裂伝ぱ挙動が認められているが，ΔK値が（ΔK_{th}）C以下であれば，さらに低いΔK領域で疲労き裂進展が認められることが明らかとなっている。また，K_{max}の上昇によってもき裂進展が認められない境界が存在することが示されている。

第6章では，（ΔK_{th}）C以下のΔK領域におけるき裂進展挙動の周波数依存性について，SUS304鋼を用いて検討を行っている。その結果，下限界挙動に周波数依存性があると考えられる結果と，あまりないと考えられる結果とが得られている。さらに，荷重条件によってき裂進展速度に周波数依存性が見られている。これら2つの傾向の関連性を，抵抗力の周波数依存性と抵抗回復の時間依存性により説明している。

第7章では，インコネルX750 を用い，下限界近傍における高温疲労き裂伝ぱ挙動について，き裂開閉口挙動を考慮に入れて検討を行っている。その結果，疲労き裂伝ぱに下限界の存在が認められる結果が得られている。また，き裂進展挙動をΔK_{eff}を用いて整理した場合でも応力比依存性が見られている。

第8章では，経年劣化CrMoV 鋳鋼を用い，下限界近傍における高温疲労き裂伝ぱ挙動について，き裂開閉口挙動を考慮に入れて検討を行っている。その結果，疲労き裂伝ぱに下限界の存在が認められる結果が得られている。また，き裂進展挙動をΔK_{eff}を用いて整理した場合でも応力比依存性が見られている。

第9章は総括であり，各章の成果をとりまとめている。

付録では，分子動力学法を用いて疲労き裂進展シミュレーションを行っている。その結果，き裂進展挙動にΔK依存性があり，下限界現象が認められている。

論文審査の結果の要旨

本論文は，高温条件下における疲労き裂伝ぱの下限界挙動に注目し，高温条件下のき裂開閉口挙動，下限界メカニズムの実験的把握，および下限界挙動に関する解析的検討の可能性に関して行った研究の成果をまとめたものである。本論文で得られた主な知見は以下の通りである。

(1)オーステナイト系ステンレス鋼SUS304を用い，450，550，650および700（℃）において，レーザ干渉法によるき裂開閉口測定を試みている。プラチナ板と光学フィルタを用いることにより，高温条件下のき裂開閉口測定に対してレーザ干渉法を適用することができることを示している。

(2)SUS304鋼，インコネルX750 および経年劣化CrMoV 鋳鋼を用いて，き裂開閉口挙動を考慮に入れた疲労き裂伝ぱ挙動の検討を，室温から800（℃）までの広い温度域で行っている。負荷試験手法としては応力比一定試験法を用い，応力比は$R=-0.1$および0.5としている。その結果，いずれの材料を用いた場合にも，すべての実験温度に対し疲労き裂伝ぱに下限界が存在することを明らかにしている。

SUS304鋼に対し，レーザ干渉法により求めたき裂開口比を用い，有効応力拡大係数幅ΔK_{eff}によりき裂進展速度da/dNを整理し，da/dNがΔK_{eff}の一価関数で表されることを示している。また，下限界値$\Delta K_{eff,th}$が450（℃）から550（℃）の範囲で極大値をとることを明らかにしている。

(3)SUS304鋼を用いて，350，550および650（℃）においてK_{max}一定ΔK漸減試験法による疲労き裂伝ぱ試験を行い，下限界状態においてK_{max}を上昇させ実験を再開させた場合には，再開させた後のΔK値が通常のΔK漸減下で得られる下限界値（ΔK_{th}）C以上であればき裂進展が生じ，ΔKが（ΔK_{th}）C程度に達したときに再び下限界挙動が認められることを示している。これに対し，実験を再開させた後のΔK値が（ΔK_{th}）C以下であれば，（ΔK_{th}）Cより低いΔK領域で疲労き裂進展が認められることを明らかにしている。さらに，350（℃）における実験では，K_{max}を上昇させた場合においてもき裂進展挙動が認められないΔKの下限が存在することを示している。

(4)（ΔK_{th}）C以下のΔK領域におけるき裂進展挙動の周波数依存性を調べるために，SUS304鋼を用い試験温度を550（℃）として，下限界状態においてK_{max}を上昇させ再開させた後の実験を，異なる荷重周波数条件下，すなわち$f=3$（Hz）および30（Hz）において行っている。異なる荷重周波数条件下のき裂進展挙動の比較から，下限界挙動に周波数依存性があると考えられる結果と，あまりないと考えられる結果という一見矛盾する結果が得られた。さらに，疲労き裂伝ぱ試験中に荷重周波数を$f=30$（Hz）から3（Hz）に減少させたときに，荷重条件によってき裂進展速度が増加する現象が見られた。これらの現象を，抵抗力の周波数依存性と抵抗回復の時間依存性により説明している。

(5)分子動力学法を用いて下限界近傍の疲労き裂進展シミュレーションを行い，下限界挙動が認められき裂進展挙動がΔKに依存することを明らかにしている。

以上のように本論文は，いくつかの温度および材料の組合わせに対しても，高温条件下のき裂伝ぱ挙動に下限界が存在すること，特殊な荷重条件下では下限界値以下のΔK領域においてもき裂進展が生じること，き裂進展に対する抵抗力の周波数依存性と回復特性が下限界挙動に影響を及ぼすことなど，高温疲労き裂伝ぱの下限界現象に関連するいくつかの特性を明らかにし，さらに分子動力学法が下限界メカニズムの解明のための有効な手法となりうることを示しており，材料力学および材料強度学に寄与するところが大きい。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。