



|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 切欠底における小寸法疲労き裂の進展ならびに下限界に関する研究  |
| Author(s)    | 西川, 出   |
| Citation     | 大阪大学, 1986, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/1625">https://hdl.handle.net/11094/1625</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

|         |   |         |          |
|---------|---|---------|----------|
| 氏名・（本籍） | にし<br>西                                 | かわ<br>川 | いずる<br>出 |
| 学位の種類   | 工                                       | 学       | 博 士      |
| 学位記番号   | 第                                       | 7 2 9 3 | 号        |
| 学位授与の日付 | 昭 和 61 年 3 月 25 日                       |         |          |
| 学位授与の要件 | 基礎工学研究科 物理系専攻<br>学位規則第 5 条第 1 項該当       |         |          |
| 学位論文題目  | 切欠底における小寸法疲労き裂の進展ならびに下限界に関する研究<br>(主査)  |         |          |
| 論文審査委員  | 教 授 小倉 敬二<br>(副査)<br>教 授 林 卓夫 教 授 福岡 秀和 |         |          |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は極めて特徴的な挙動を呈することから近年注目されている寸法の小さい疲労き裂について、特にそれらが問題となる切欠底におけるき裂進展ならびに下限界挙動に関する研究をまとめたものであり、以下の 8 章から構成されている。

まず第 1 章は緒論であり、本研究の背景について概説するとともに、本研究に関連する従来の研究の概要ならびに著者が行った研究の目的と意義とを示し、この分野における本論文の位置付けを行っている。

第 2 章では種々の試験条件の下、切欠底に発生・進展する短い疲労き裂の進展挙動を調べるとともに、微小き裂の開閉口挙動を高い精度で計測し、この結果を平滑材における微小き裂進展挙動を計測した結果と比較することにより、切欠底の微小き裂に特有の進展特性を明らかにしている。次に切欠底における微小き裂の進展挙動に対する支配力学因子について特にき裂開閉口挙動に着目して検討し、さらに切欠底におけるき裂開閉口挙動を支配する要因についても考察している。

第 3 章では切欠底から発生したき裂の停留条件について検討している。まず力学的仮説を提案し、次に通常の負荷条件下では停留き裂の形成されないステンレス鋼切欠試験片において常温下で圧縮平均応力を重畳させた場合ならびに高温下における停留き裂の挙動を調べ、この力学的仮説を検証している。

第 4 章では切欠底におけるき裂の進展挙動に対する支配力学因子としてき裂開閉口挙動を支配する因子について定量的検討を行っている。すなわち切欠底のき裂開閉口挙動に及ぼす切欠塑性効果ならびに微小き裂効果について各効果を分離し、それぞれを詳細に検討している。まず切欠底において特徴的な挙動を呈するき裂開口挙動を有限要素法を用いて解析的に調べ、この解析結果を参照し切欠底におけ

るき裂の開閉口挙動を定式化し、それに基づき停留則ならびに進展則を提唱し、予測結果を実験結果と比較検討している。

第5章では切欠底の停留き裂の開閉口機構を明らかにする上で切欠効果や微小き裂効果以外に重畳しているき裂開閉口メカニズムを解明するために、切欠の影響を受けないような巨視き裂に対して常温から中高温にわたる試験温度条件下の低き裂進展速度領域におけるき裂進展ならびに開閉口を調べ、破面からの情報をもあわせ、下限界近傍におけるき裂開閉口挙動を規定する因子を分離・抽出し、個々の因子がき裂開閉口挙動にもたらす効果について検討している。

第6章では下限界近傍のき裂開閉口挙動に対する破面あらさと破面上付着酸化物の両因子による相乗効果について検討するために、低炭素鋼を用いて常温・高温下における進展無限界ならびにき裂開閉口挙動を明らかにしている。以上の結果を総合することにより下限界き裂の開閉口機構について検討し、そのき裂開閉口メカニズムの解明ならびにモデル化を試みている。

第7章ではき裂の停留を含む比較的低い負荷応力下の切欠底におけるき裂進展ならびに停留挙動に対する前章までの解釈との連続性といった観点から、高い負荷応力レベル下における切欠底のき裂進展挙動を調べ、低い負荷応力レベル下における切欠底き裂の力学的解釈がどの程度の負荷レベルにまで拡張し得るかを検討している。さらに切欠底から発生進展するき裂は必ず切欠塑性域内を通ることから、これらのき裂進展挙動に対して弾塑性破壊力学的な検討も行っている。

最後に第8章は広範囲にわたる負荷応力条件ならびに試験温度環境下における切欠底の微小き裂の進展ならびに下限界挙動に関する本研究の結論をまとめたものである。

## 論文の審査結果の要旨

疲労き裂進展寿命の大部分は、発生直後のごく小さいき裂から1～2mmの寸法に至る間に費やされ、この小寸法域におけるき裂進展則の確立は重要な課題である。本論文は特にそれが重要である切欠底における小寸法き裂の進展ならびに下限界挙動に関して行った研究をまとめたものであり、以下のような結果を得ている。

- (1) 材料、切欠底の曲率半径ならびに負荷応力レベルによらず、切欠底から発生した直後の小寸法疲労き裂の進展速度は極めて大きく、進展にともない減速する。さらに停留き裂が観察されない場合には、進展速度は一旦極小値をとった後増加に転ずることをまず実験的に明らかにするとともに、長いき裂の進展則はこのような切欠底の小寸法き裂の進展挙動を説明し得ず、また進展速度を過小評価することになって危険側の評価を与えることを定量的に示している。
- (2) 切欠底における小寸法き裂の開閉口挙動は長いき裂のそれとは異なり良く開口していることを高精度のき裂開閉口計測により明らかにしている。このき裂開閉口挙動に基づき算定された有効応力拡大係数範囲 $\Delta K_{eff}$ により表示された小寸法き裂の進展則は長いき裂のそれと一致することを確認し、見かけ上異なる小寸法き裂と長いき裂の進展挙動はき裂開閉口挙動の相違に起因し、進展則は本質的

に異なるものではないことを明らかにしている。

- (3) 小寸法き裂が良く開口する現象は、切欠による塑性変形に起因する切欠塑性効果とき裂の絶対寸法が小さいことによる微小き裂効果の二つの重畳効果により現れる。しかし両者の寄与度は材料、温度により異なり、特にステンレス鋼 S U S 3 0 4 では常温、高温ともに前者の効果が支配的であることを明らかにしている。
- (4) 切欠底小寸法き裂の停留条件は  $\Delta K_{eff}$  の値がその下限界値  $\Delta K_{effth}$  を下まわるかどうかできまるとする仮説を提案し、材料、温度によらず 0.1 mm 以下のきわめて短いき裂まで適用できることを確認している。
- (5) 常温から 500 °C に至る中高温域においては、下限界値  $\Delta K_{th}$  は温度の上昇とともに上昇することを明らかにしている。またこの原因には、き裂面の付着酸化物によるき裂開閉口レベルの上昇と材料のき裂進展抵抗すなわち  $\Delta K_{effth}$  の上昇の二つが重畳していることを指摘するとともに、材料により両者の寄与度が異なることを明らかにしている。

以上のように本論文は工学的に重要な小寸法疲労き裂進展の問題に対し重要な多くの知見を得ており、工学博士の学位論文として十分価値があると認める。