



Title	RESEARCHES ON THE CRACK-INTERFACE INTERACTION
Author(s)	劉, 兵
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38791
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	劉 兵
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 11337 号
学位授与年月日	平成 6 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	RESEARCHES ON THE CRACK-INTERFACE INTERACTION (き裂と界面の力学的相互作用の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 北川 浩 教授 大路 清嗣 教授 城野 政弘 教授 久保 司郎

論文内容の要旨

本論文は、特性が異なる材料の接合界面の近傍もしくは界面上のき裂変形場に対する、弾性および弾塑性解析を行うことにより、き裂先端場に及ぼす材料特性依存性について検討を加えたものであり、以下の 6 章からなっている。

第 1 章では、研究の目的と、背景となるこれまでの研究について述べている。

第 2 章では、異種材料の接合界面に平行なき裂について、有限要素法を用いた解析を行い、き裂先端場の応力特異性について検討を加えている。その際、必然的に混合モードとなる応力拡大係数を K_I と K_{II} に精度よく分離する方法を提案して、それを用いて評価される最大へき開応力基準により、き裂の進展方向に対する両材料の材料特性およびき裂と界面間距離の影響を検討している。また、自動要素分割法を用いたき裂の進展解析を行って、き裂進展による応力分布の変化が進展形態に与える影響について検討を加えている。

第 3 章では、有限変形弾塑性解析を行って、弾塑性材料と弾性材料の接合面に平行なき裂先端の弾塑性場の材料特性依存性について検討している。特に、均質材中のき裂先端の弾塑性場との比較を行いながら、き裂先端の変形と塑性領域の広がりに対する弾性拘束の影響、き裂先端変形場の変化などに考察を加えている。

第 4 章では、き裂を連続分布転位で表現し、小傾結晶粒界に対する転位壁モデルを用いて、結晶粒内に存在するき裂と粒界の相互作用について解析的な検討を行っている。き裂と転位壁間の距離と角度、転位壁の長さや粒界傾角(転位間隔)がき裂先端場の特異性にどのような影響を及ぼすかについて考察している。また、Rice-Thomson の理論を用いて一本の転位とき裂の相互作用について検討を加え、転位壁とき裂の相互作用との比較を行っている。

第 5 章では、粒界上のき裂に対する結晶方位差依存性を検討するために、結晶塑性論に基づく有限変形有限要素解析を行っている。その結果より、き裂先端の変形場について、き裂先端の開口形状、き裂先端近傍に生じる結晶格子回転、各すべり系上の変形モードおよび粒界上に生じる応力分布について検討している。また、粒界上のへき開すべり変形に寄与すると考えられる粒界に沿った垂直応力やせん断応力の評価を行っている。

第 6 章では、論文の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

高機能・高強度化を目指した材料の複合化が進むのに伴って、材料設計や構造安全性を評価するために、異種材料間の接合・接着界面の力学特性を解明することが重要な課題となっている。とくに、界面強度を評価する上で、界面上もしくはその近傍に存在するき裂の特性を解明することは中心的課題の一つである。こうしたき裂は、材料特性を異にすることから生じる界面近傍応力場の力学的特異性ととの相互作用の下で、均質材料中に存在するき裂の特性からは推定することができない挙動を示す。

本論文は、セラミックスと金属の接合体、異種金属の接合体、および金属多結晶中の結晶粒界について、弾性理論に基づくき裂の特異性評価と伝播の予測、弾塑性理論に基づくき裂開口の解析を行ったもので、得られた主な知見は次の通りである。

- (1) 必然的に混合モードとなる界面近傍き裂の応力拡大係数を分離する精度良い方法を考案し、それをを用いて脆性き裂の進展方向が予測できることを示すとともに、き裂進展のシミュレーションによってその結果が適切なものであることを実証している。
- (2) 界面近傍き裂が延性材料中に存在する場合について、き裂先端の塑性域は界面の力学的拘束を受けて面に沿って広がる。降伏域が小さい範囲では材料の組み合わせに対する Dundurs のパラメータによって計算される方向から荷重を受ける、均質体中の混合モードき裂の先端と類似した形を有することを見出している。
- (3) 連続転位分布場の特性を利用することにより、き裂と小傾角粒界の弾性相互干渉を正確に評価することができる解析法を考案し、粒界とき裂の角度、距離依存性を詳細に検討している。その結果より、粒界が有限長さであると材料の微視的構造寸法程度の近距離での強い相互作用に加えて、粒界長さの半分程度の離れたき裂との間でも強く影響しあう状態があることを示している。
- (4) 有限変形、有限格子回転を考慮した結晶塑性論による有限要素解析によつて、多結晶金属中の粒界上のき裂の開口挙動について解析を行い、結晶方位の差の影響に検討を加えるとともに、マクロ的には同一の特性を示すせん断モード、キンクモードの変形帯が、キンクモード変形には大きなマイクロ回転を伴うことからき裂開口形状には大きな違いをもたらすことを見出している。

以上のように、本論文はき裂と界面近傍場の相互干渉の取り扱いに関してあたらしい解析方法を展開するとともに、異種材料界面の強度評価に必要な重要な知見を与えており、複合材料の破壊力学上貢献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。