

Title	窒化けい素および窒化けい素-窒化ほう素複合焼結セラミックスにおける一定および変動荷重下の疲労き裂進展挙動に関する研究
Author(s)	小山, 敦弘
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3169394
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	小 山 敦 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 5 4 3 0 号
学位授与年月日	平成12年3月24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	窒化けい素および窒化けい素-窒化ほう素複合焼結セラミックスにおける一定および変動荷重下の疲労き裂進展挙動に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 城野 政弘 (副査) 教授 久保 司郎 教授 澁谷 陽二 助教授 菅田 淳

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、構造用材料として実用化が期待されているセラミックスとして、窒化けい素および窒化けい素と窒化ほう素の複合焼結セラミックスを取り上げ、疲労き裂進展挙動について調べている。特に、構造用セラミックスの実機への適応を考慮した場合、最も問題となる疲労き裂進展挙動への荷重変動の影響を明らかにすることを目的としており、内容構成は以下の6章からなっている。

第1章は緒論であり、本研究の目的について述べている。

第2章では、本研究で用いる疲労き裂進展試験装置およびき裂開閉口挙動の測定方法を述べている。さらに、本論文で用いる破壊力学パラメータである応力拡大係数 K の算出法とき裂進展速度の推定法および評価法について述べている。

第3章では、窒化けい素の一定振幅荷重下における疲労き裂進展挙動を明らかにするため、測定精度の良い疲労き裂進展試験機を用い、応力比一定試験、最大応力拡大係数一定試験および応力拡大係数範囲一定試験を行った結果について述べている。さらに、き裂開閉口挙動についても検討を加えており、窒化けい素の疲労き裂進展機構および一定振幅荷重下の疲労き裂進展挙動を明らかにしている。また、一定振幅荷重下の疲労き裂進展速度の整理法を提案している。

第4章では、窒化けい素の変動荷重下の疲労き裂進展挙動を明らかにするため、過大荷重試験、低-高、高-低2段変動荷重試験および2段繰返し変動荷重試験を行っており、き裂進展挙動に及ぼす荷重変動の影響について調べている。また、2段繰返し変動荷重下のき裂進展速度の推定法を提案しており、その推定法の妥当性についても検討を加えている。その結果、荷重変動が窒化けい素の疲労き裂進展速度の加速を生じさせることを明らかにしている。また、2段繰返し変動荷重下のき裂進展速度の推定を行う場合、き裂開閉口挙動を考慮した推定法が有効であることを明らかにしている。

第5章では、窒化けい素と窒化ほう素の複合焼結セラミックスの一定振幅荷重下および変動荷重下の疲労き裂進展挙動について調べている。さらに、き裂開閉口挙動についても検討を加えており、窒化けい素-窒化ほう素複合焼結セラミックスの疲労き裂進展挙動を明らかにするとともに、疲労き裂進展挙動に及ぼす窒化ほう素含有量の影響についても明らかにしている。また、窒化ほう素含有量によらず、荷重変動が疲労き裂進展速度の加速を生じさせることを明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、構造用材料としての実用化が期待されている窒化けい素および窒化けい素-窒化ほう素複合焼結セラミックスの疲労き裂進展挙動、特に、実機で問題となる疲労き裂進展挙動に及ぼす荷重変動の影響を明らかにしたものである。得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) 窒化けい素および窒化けい素-窒化ほう素複合焼結セラミックスの疲労き裂進展経路の詳細な観察を行い、疲労き裂進展機構を明らかにしている。
- (2) 測定精度の良い試験機を用いることにより、従来行われていたセラミックスの一定振幅荷重試験結果に比べ、ばらつきの少ない試験結果を得ており、以下のような結果を得ている。各材料とも、一定振幅荷重下のき裂進展速度は、最大応力拡大係数に最も強く依存しているものの、応力振幅の影響も受け、応力振幅の増加にともないき裂進展速度が加速することを明らかにしている。さらに、同一進展速度に対する最大応力拡大係数値は窒化ほう素含有量の増加にともなって低下することも明らかにしている。これらの結果から、各材料とも、従来用いられる巨視的な破壊力学パラメータによる整理では、一定振幅荷重下の疲労き裂進展速度を十分に評価できないが、等価応力拡大係数範囲および等価有効応力拡大係数範囲を用いて整理することができることを明らかにしている。
- (3) 疲労き裂進展挙動に及ぼす荷重変動の影響について調べており、各材料とも、2段繰返し変動荷重下のき裂進展速度は、荷重条件によらず一定振幅荷重下のき裂進展速度に比べて加速することを明らかにしている。また、き裂進展速度の加速程度は、過大荷重比が大きくなるにつれて大きくなることを明らかにしており、疲労き裂進展挙動に及ぼす荷重変動の影響について新しい知見を与えている。
- (4) 一定振幅荷重試験から得られたき裂進展速度と等価応力拡大係数範囲の関係に基づくき裂進展速度の線形加算則による予測は、材料および荷重条件によらず危険側の予測を与えることから、変動荷重下のき裂進展速度の予測に用いることはできないことを明らかにしている。それに対して、巨視的に測定したき裂開閉口挙動を考慮したき裂進展速度と等価有効応力拡大係数範囲の関係に基づくき裂進展速度の線形加算則による予測では、過大荷重比や荷重繰返し数の影響が消失することから、変動荷重下のき裂進展速度を予測する場合、き裂開閉口挙動を考慮する必要があることを明らかにしており、変動荷重下のき裂進展速度の予測に対する新しい知見を得ている。

以上のように、本論文は構造用セラミックスの実機への適用において問題となる疲労き裂進展挙動に及ぼす荷重変動の影響を明らかにするとともに、疲労き裂進展速度の予測法を提案しており、その妥当性についても検討を加えている。これらのことは、これまでになく新しい成果であり、機械設計における新たな指針となるものであり、機械工学、特に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。