



Title	窒化けい素セラミックスの球転がり疲労に関する破壊力学的研究
Author(s)	木田, 勝之
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42791
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 き 木 だ 田 かつ 勝 ゆき 之

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 5 5 9 1 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 12 年 4 月 21 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 窒化けい素セラミックスの球転がり疲労に関する破壊力学的研究

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 小 倉 敬 二

(副査)
教 授 小 坂 田 宏 造 教 授 平 尾 雅 彦

論 文 内 容 の 要 旨

工作機械や、特殊環境下での機械構造物、例えば、半導体製造装置の高速化・高精度化には、軽量・高剛性なセラミックス軸受の適用が有効である。しかし、セラミックス軸受の寿命や定格荷重の算定法は、未だ確立されていないため、転がり疲労強度を明らかにする研究が急務となっている。本論文は、セラミックスの中でも軸受に最も適している HIP 窒化けい素セラミックスに注目し、この材料の転がり疲労特性を力学的に評価するために欠かすことができない、「接触応力下のき裂進展挙動」に対する基礎的研究を行った。

本論文では、第1の検討課題として、「き裂進展が損傷の主原因となる接触条件の把握」を挙げた。新たに製作した転がり疲労試験機を用いて疲労試験を行った結果、摩耗が損傷の主要因となる摩擦係数の最小値（疲労初期の値）は、約0.13であることが明らかとなった。

次に、第2の検討課題として、「接触応力下におけるき裂進展特性の把握」を挙げた。この内容は、表面き裂と表面下の内部き裂に分け、それぞれを検討した。表面き裂は、位置と進展方向によって、固有の進展機構を持つため、詳細な寿命評価を行う場合には、潜在欠陥やき裂の発生位置を考慮に入れる必要があり、寿命の評価には、モードⅡ型進展挙動の解明が重要であることを示した。表面下の内部き裂に対し、はく離損発生過程と発生後に、表面観察、縦断面観察を詳細に行った結果、き裂進展の特徴が明らかとなり、その進展挙動をき裂面間の摩擦を考慮に入れた評価を行うことによって、き裂進展挙動を力学的に評価することができた。

さらに、せん断応力によるき裂進展に注目し、純せん断応力下におけるモードⅡ型き裂進展挙動を実験的に検討した結果、接触応力下での ΔK_I 値および、 $K_{I\max}$ 値よりも低い値で、き裂が安定成長する特徴が得られたことから、接触応力下でのき裂も、モードⅡで進展すると考えてよいことが明らかとなった。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

耐摩耗性に優れしかも軽いセラミックスは接触部を有する機械要素材料として注目されている。セラミックス製軸受けの場合、材料中に潜在する微小欠陥からき裂が早期に発生・進展し、寿命を短くすると云われているが、転がり接触条件下におけるき裂の進展挙動に関する研究はなく、定量的に明らかにされていない。本論文は窒化けい素セラ

ミックスの球と平板の転がり接触において、平板に微小欠陥を付与し、その後のき裂進展挙動を実験的に観察するとともに、破壊力学によって定量的に検討したものである。

まず、球の転がり状態を球ホルダーによって部分拘束、無拘束とすると、接触面に摩耗はほとんど生ぜず、損傷形態がき裂進展であることを確認、この結果にもとづき、部分拘束ならびに無拘束状態において予き裂からのき裂進展挙動を観察し、力学面から考察した。すなわち、平板表面に30ミクロン程度の予き裂を導入し、そのき裂の上を大きな押付力のもとに球が繰返し転がる場合に、き裂が進展する様子を調べた。転走軌道中心線上ではき裂は球の転走方向に垂直方向に進展すること、転走軌道境界線上ではき裂は転走方向に顕著に進展すること、また部分拘束転がりですべりがともなうとき裂進展が加速されることが分かった。これらの挙動を破壊力学により検討した結果、き裂はごく初期には引張型（モードⅠ）で進展するが、次第にせん断型（モードⅡ）き裂進展へと移行することが明らかとなった。

次に、表面直下に表面と平行な予き裂を導入、表面下のき裂の進展から離れに至る挙動について調べた。転がり回数の増大とともに転走軌道上にはリング状のき裂が数多く発生するが段階的な離れは発生せず、表面下では主き裂が表面方向と内部方向へ分岐しつつほぼ表面に平行に進展、転走軌道幅の数倍程度の長さまで進展した後全体は離れに至ることが分かった。はく離面は極度に平坦であり、主き裂はせん断型で進展することが明らかとなった。

最後に、同じサンプルについてねじり試験を実施、せん断応力負荷の下におけるき裂進展挙動を把握、接触下のそれと比較し、接触下でのき裂進展がせん断型であることを確認している。

以上のように、本論文は球転がり接触下、窒化けい素セラミックスにおける微小欠陥からのき裂進展挙動を定量的に明らかにしたものであり、セラミックスの強度研究に新しい知見を与えるものであるとともに、セラミックス製接触要素の開発に有用な知見を与えるものである。博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。