

(715) セラミックスの破壊靱性評価

依頼講演

新日本製鉄(株) 素材第一研究センター 藤井 利光

1. はじめに

周知のようにセラミックスの破壊は微視的欠陥から発生し、巨視的な安定き裂成長をほとんど伴わずに起こることから、その非破壊検査方法ならびに破壊抵抗評価試験方法の確立は極めて困難である。従って構造設計に関して金属材料とは異なる思想と手法の確立が必要と思われるが、一方巨視的き裂に対する破壊靱性値は材料設計ならびに使用材料選択の判断基準として曲げ強さより一層重要であり、その評価試験方法の標準化が当面の急務である。¹⁾ 本報告では主として脆性予き裂導入破壊靱性試験法(略称SEP法)²⁾による実験結果に基づいてセラミックスの破壊靱性評価の問題点と対策について述べる。

2. R曲線挙動

セラミックスの破壊靱性値、 K_{IC} は主き裂前方に生じる多数の微小き裂による応力緩和や相転移による圧縮残留応力に依存すると考えられるが、それらが進展した跡に残るwakeあるいは微視的き裂偏向・分枝のために、R曲線挙動(き裂の進展に連れた破壊抵抗の増大)を示すセラミックスもある。例えば文献3)のFig.1に示したように、あるアルミナ焼結体に安定き裂成長方式で予き裂を導入した場合には予き裂長さの増加と共に破壊靱性の測定値が増加する。この原因はR曲線挙動と同じと考えられるので、安定き裂成長方式は予き裂導入法としては好ましくないと言える。Chevron切り欠き法においても同様の問題が生じると思われる。Indentation法においてはR曲線挙動を示す材料の K_{IC} 算定が可能か否かの検討が必要である。なお、pop-in方法で予き裂を導入しても破壊靱性値が予き裂長さ依存性材料もあるので、初めて K_{IC} を測定する材料については予き裂長さ依存性を確認する必要がある。

3. 歪速度依存性

室温での K_{IC} は歪速度に依存しなくても高温領域になると測定値は歪速度に依存するようになる。しかも文献4)の図1,3に示したように材料によって歪速度依存性が異なり、アルミナ焼結体は正の歪速度依存性を示すのに対して、炭化けい素焼結体、窒化けい素焼結体は負の歪速度依存性を示す。その際、き裂先端の鈍化が認められた事例、不安定破壊に先行して巨視的な安定き裂成長が認められた事例、き裂鈍化も安定き裂成長も認められない事例など多様である。更に、歪速度依存性が現われる臨界温度が材料によって異なるので、高温での測定値を単純に参照することは誤用の危険がある。

4. K_{IC} 評価試験方法の標準化

セラミックスの K_{IC} 評価に完全無欠な試験方法は将来も期待できないと思われるが、大多数の材料に適用し得る実用的な試験方法を早急に標準化する必要がある。その1候補としてSEP法は簡便さと理論的妥当性を兼備しており、長さ1mm程度の短いpop-inき裂を導入した測定値を K_{IC} と定義することが最も妥当と思われる。ただし上述の予き裂長さ依存性に対する配慮は当然必要である。既知の材料の品質管理には、Indentation法が最も簡便で有用であるが、相関式の見直しを要する。

耐熱性はセラミックスの最大の特徴の1つであるが、用途によって必要条件が異なる点を見逃した画一的な試験方法標準化は有害無益と思われる。

文献) 1) 日本ファインセラミックス協会編、「標準化に関する調査研究報告書」、昭和62年3月、p.41

2) 野瀬哲郎、藤井利光：窯業協会年会講演予稿集、第一分冊(1986)、p.363

3) 野瀬哲郎、藤井利光、征矢勇夫：鉄と鋼、73(1987)、s.727

4) 野瀬哲郎、藤井利光：窯業協会年会講演予稿集、第一分冊(1987)、p.39