

(777) 繊維強化セラミックスの破壊に及ぼす界面せん断強さの影響

三菱電機(株) 材料研究所 ○香川 豊

1. 緒言

繊維強化セラミックスでは、材料中に生じた応力集中源からのクラックの進展は、繊維とマトリックスの界面の機械的特性により大きく変化することが予想される。しかし、繊維強化セラミックスでは、純粹に界面の影響のみを変化させた材料を作り出すことは困難であり、界面の機械的特性が応力集中を生じている近傍でのクラックの進展に及ぼす界面の影響に関しては研究例が少ない現状である。そこで、本研究では、クラックの進展に及ぼす界面せん断強さの影響を簡単なモデルにより理論的に解析することにした。

2. 基本的な考え方

本研究で用いたモデルの基本的な考え方は、Marshall⁽¹⁾およびRice⁽²⁾の提案した考え方を参考にした。Fig.1は解析に用いたモデルを模式的に示したものである。本研究では、界面強さの影響を論議するために界面せん断強さを τ_i として、

$$\tau_i = \mu_i \sigma_n + \tau_i' \Theta(\delta_c - \delta_c')$$

とした。ここで、 μ_i は繊維とマトリックス間の摩擦係数、 σ_n は繊維マトリックス界面に垂直に働く応力、 τ_i' は繊維とマトリックス間の接着による界面せん断力であり、クラックの開口変位 $\delta_c < \delta_c'$ では作用すると考えたステップ関数で、

$$\Theta(\delta_c - \delta_c') = (1: \delta_c < \delta_c', 0: \delta_c \geq \delta_c')$$

である。このような関数により繊維とマトリックス間のせん断強さを導入し、また一部のモデルでは、Dugdaleのモデルを用いて応力拡大係数を求めた。

3. 解析結果

Fig.2は、本解析方法により求めた、臨界クラック長さ a_0 と界面せん断強さの関係を異なる V_f の場合についてSiC_{pgs}繊維強化ガラスを想定して求めたものである。なお、用いた特性値は、文献(1)のものを用いた。ここで臨界クラック長さとは、クラックを含む材料の引張変形時に安定なクラックの成長を開始するクラックの長さである。Fig.2から明らかなように、界面せん断強さが小さい程 a_0 は小さくなる。また、同一の τ_i が大きくなるにつれて a_0 は小さくなる。また、クラック先端でマトリックス中のクラックが繊維に先行する場合、破壊抵抗はR曲線に従い、界面せん断強さが小さくなるに従って大きなクラック長さ Δa まで安定なクラックの成長が続くことが認められた。この他にも、炭素繊維強化ガラス⁽²⁾等2,3の系についての結果を紹介する。

4. 結論

応力集中源を持つ繊維強化セラミックスでは、界面せん断強さが機械的性質に大きく影響する。従って、材料設計時には、界面強さの制御までを考慮して検討し、そのような界面を作り出すような製造プロセスを考えることが必要であろう。なお、せん断強さ以外にも界面の引張強さ等も含めた検討がさらに必要であると思われる。

文献

- (1) D.B.Marshall, B.N.Cox and A.G.Evans : Acta Met., 33 (1985) 2013
- (2) J.R.Rice : in Fracture; VolII, ed by H.Liebowitz, Academic Press, New York (1968), P.191-311
- (3) K.M.Prewo and E.R.Thompson : NASA Contractor Rep., 165711,(1981)

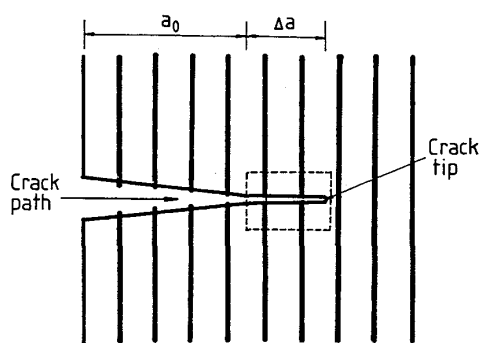


Fig.1 Analytical model (Ceramic fiber reinforced ceramics).

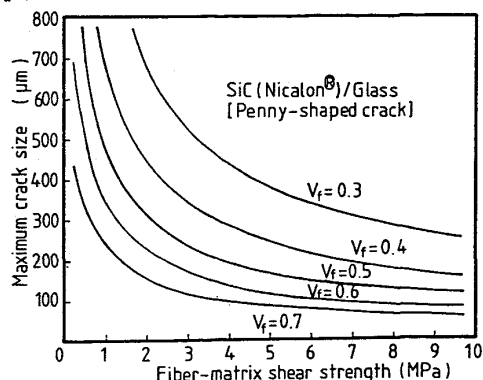


Fig.2 Relation between transition crack size and fiber matrix interfacial strength.