

セラミックスにはほとんどの場合、様々な寸法の欠陥が存在するため、欠陥の存在による強度低下を考慮に入れた強度設計が必要になる。そこで、一定寸法の人工欠陥を導入した試験片を用いて素材本来の疲労亀裂伝播特性を求め、その特性から様々な寸法の欠陥を有する平滑試験片の疲労寿命を推定する新しい方法を導いた。

a. 疲労亀裂伝播特性の求め方

まず、平滑試験片の表面にヌーブ圧子押込みにより半円形の予亀裂を入れて人工欠陥試験片を作製し、その疲労試験を行う。ここで、亀裂伝播速度 da/dN は、次式の亀裂伝播則

$$da/dN = C (K_{\max})^n \dots \dots \dots (1)$$

に従うとする。 a は等価亀裂長さ、 N は繰返し数、 $K_{\max}$ は最大応力拡大係数、 n 、 C は材料定数である。予亀裂の先端近傍には、引張の残留応力場が形成されるが、本法ではそれが残ったままの試験片で亀裂伝播特性を求める。この時の $K_{\max}$ は外力に関する応力拡大係数 K_a と残留応力に関する応力拡大係数 K_r の和として次のように表される。

$$K_{\max} = K_a + K_r \\ = \sigma_{\max} \sqrt{\pi a} + \chi F a^{-3/2} \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 $\sigma_{\max}$ は最大応力、 χ は定数、 F は圧子押込み荷重である。式(1)に式(2)を代入し、積分することにより人工欠陥試験片の寿命を計算し、それが実験値と一致するまで試行錯誤的に n 、 C 値を求める。

b. 平滑試験片の疲労寿命推定

平滑試験片では、残留応力場のない微小な欠陥から疲労破壊が進行することを考慮し、次式

$$K_{\max} = \sigma_{\max} (a + \lambda) \sqrt{\pi / (a + \lambda / 2)} \dots \dots \dots (3)$$

および前節で求めた n 、 C 値を用いて式(1)を積分し、寿命を推定する。ここで、 λ は微細組織に関するパラメータで、静曲げ試験により求まる。

c. 結果

Fig. 1に当所で開発された α/β サイアロンにつ

いて本法を適用した結果を示す。平滑試験片では欠陥寸法が同じであっても静的強度が少なくとも数10MPaばらつくことを考慮すると、実験結果は推定結果とほぼ一致していると言える。

本法による推定結果はFig. 2のようにチャート化し、保証試験での負荷応力や非破壊検査での検査基準を設定するのに利用できる。なお、本法の高温下での有効性については現在検討中である。

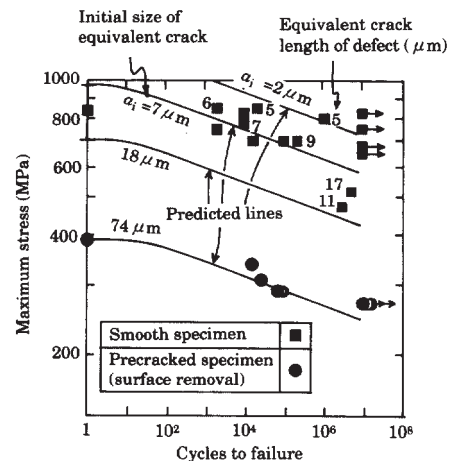


Fig. 1 Comparison between predicted lifetimes and experimental results of cyclic fatigue.

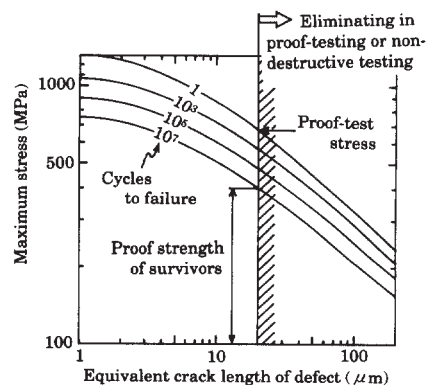


Fig. 2 An example of chart for strength designing of ceramic components.