

(726) セラミックスの動的ならびに静的破壊靱性に及ぼす切欠先端半径の影響

豊橋技術科学大学

小林 俊郎

同大学院

松沼 健二 ○井川 秀樹

1. 緒言

セラミックスなどの脆性材料の破壊靱性試験においては、従来、予き裂導入が困難であるため、スリット導入試験片が主に用いられているが、スリットは予き裂と異なって、先端半径を有しているため、破壊靱性値を過大に評価していると考えられる。そこで、本研究では、超硬合金等で試行されている予き裂導入法を用いて、試験片に予き裂を導入し、計装化シャルピー衝撃試験および静的3点曲げ試験により、破壊靱性値を測定するとともに、破壊靱性におよぼす切欠先端半径の影響について明らかにした。また、脆性材料の計装化シャルピー衝撃試験では、慣性荷重の影響を受けやすく、荷重-変位曲線から、直接、破壊靱性値を測定するのは困難であるため、Kalthoffらが提唱している impact response curve 法を計装化シャルピー衝撃試験に適用することにより、動的破壊靱性値を求めた。

2. 実験方法

供試材としては、PSZ ($ZrO_2-3mol\%Y_2O_3$)と Si_3N_4 について、 $4 \times 8 \times 40mm$ の試験片に、BI法 (bridge indentation method) による予き裂と、機械加工により、種々先端半径をかえたスリットを導入し、動的・静的破壊靱性試験に供した。計装化シャルピー衝撃試験においては、き裂先端近傍にひずみゲージを貼付し、本研究条件で予め測定した応力拡大係数の時間変化 (impact response curve) を用いて、破壊までの時間を測定することにより、動的破壊靱性値を求めた (Fig.1)。また、静的3点曲げ試験を行い、静的破壊靱性値についても測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 動的・静的試験より得られた PSZ の破壊靱性値 K_{Ic} と切欠先端半径 $\sqrt{\rho}$ の関係を示した Fig.2 より、先端半径を有するスリット試験片では、破壊靱性値を過大に評価する傾向にあり、予き裂を導入することにより、破壊靱性値をより安全側に評価できることがわかった。 Si_3N_4 についても、同様な結果が得られた。また、静的に比べ動的破壊靱性値が高い値を示しているのは、PSZ の靱性に大きな影響を与えている応力誘起変態に起因していると考えられる。

(2) Williamsらは、ポリマーについて、切欠先端半径 ρ (>0) と弾性ひずみエネルギー解放率 G_p の関係が、次式で与えられることを提唱しているが、Fig.3 に、PSZ の動的な場合を例に示すように、本研究で用いたセラミックスにおいても、Williamsの理論が成立することが確認された。

$$G_p = G_c \left(\frac{1}{2} + \frac{\rho}{8l_0} \right)$$

G_c : 限界弾性ひずみエネルギー解放率, l_0 : 特性距離

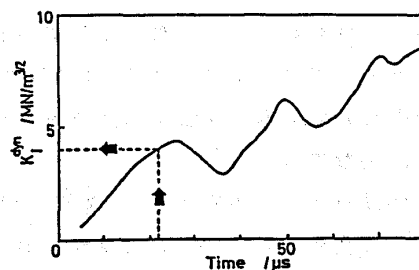
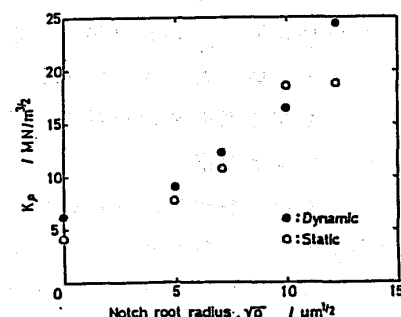
Fig.1 K_I^{dyn} -time impact response curve of PSZ.

Fig.2 Apparent dynamic and static fracture toughness as a function of the notch root radius in PSZ.

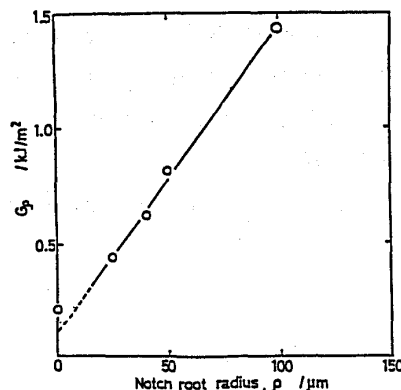


Fig.3 Relationship between elastic strain energy release rate and notch root radius in PSZ (dynamic).