CMC研究開発で求められていること

東京工科大学香川 豊





東京工科大学CMCセンターと米国プラット・アンド・ホイットニーがセラミックス複合 材料の共同研究を開始

Post

いいね! 0

LINEで送る

Share

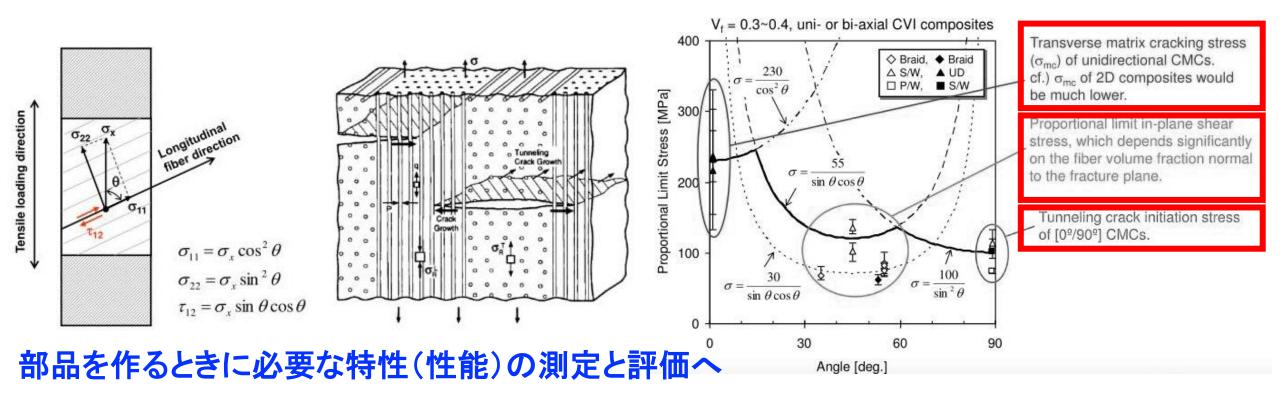
2024年6月5日掲出

東京工科大学セラミックス複合材料研究センター(TUT)は、米国RTX社のプラット・アンド・ホイットニー(P&W)と、2024年4月1日よりセラミック複合材料(CMC)に関する共同研究を開始しました。CMCは民間航空機エンジン用の高温・軽量部品として注目されています。世界最大の航空機ジェットエンジンメーカーの1つであるP&Wが、このTUTとの共同研究プロジェクトに資金を提供しています。TUTでは、SiC繊維強化SiC複合材料(SiC/SiC)の各温度での基本特性を調べることや得られた特性について理論的な研究を行います。このような共同研究開発により、P&Wの民間航空機エンジンへのCMCの導入が加速することが期待されます。

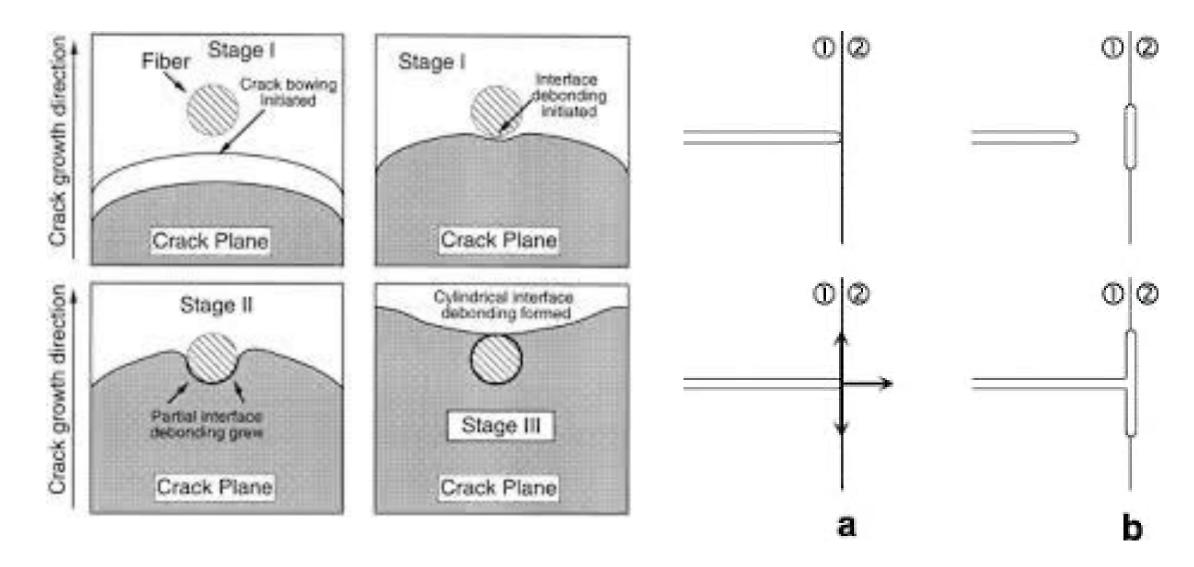
東京工科大学では次世代材料として注目を集めている「セラミックス複合材料(CMC: Ceramic Matrix Composite)」の研究開発を目的として、2017年にセラミックス複合材料センターを設立しました。このセンターは、国内の経産省に代表されるようなプロジェクトや関連企業との産学連携活動を通してCMCの製造、評価、解析などを総合的に行う世界に類を見ない研究拠点です。CMCセンターの成果は国内外におけるCMCの実用化に生かされるほか、学術的な研究発表、論文発表にも力を入れています。

SiC/SiC研究開発の最低限の心得

- SiC/SiCで実際に生じている現象を説明すること
- 国際的なレベルでのディスカッション (理論を含む)
- 国際的に通用している論文を既知の事実とすること
- 国際的な常識と日本の常識は異なる



繊維のプルアウト長さを決めている因子は?



Isotropic matrix: E_m , V_m transversely isotropic fiber: E_m , V_f , ζ_f

fiber area fraction: $\rho = (R_f/R)^2$

fiber mismatch strains: $\mathbf{E}_{r}^{\mathsf{T}}$, $\mathbf{E}_{z}^{\mathsf{T}}$

bonded interface under residual compression

 (\cdot)

mode 2 debond crack front moving up fiber

frictional sliding across debonded interface

zero-friction zone (only present at sufficiently high $\overline{\sigma}$ where $\sigma_r = 0$)

Fig. 2. Conventions and definitions for cylindrical models.

$\delta = \int_0^l (\epsilon_f - \epsilon_m) dz = \int_0^l (b_2 + b_3) (\Delta \sigma_f / E_m) dz$

繊維のプルアウト長さ ある・長い・短いではない

国際基準のパラメータ

 a_i, b_i, c_i nondimensional coefficients – Appendix B E_c, E_m moduli of fiber and matrix \mathscr{G} energy release rate of debond crack $mode\ 2$ toughness $maximum\ value\ of\ \mathscr{G}_c$ for mode 2 debonding $maximum\ value\ of\ cylindrical\ cell$ $maximum\ value\ of\ cylindrical\ cell$ $maximum\ value\ of\ fiber$ $maximum\ value\ of\ fiber$ $maximum\ value\ of\ G$ $maximum\ val$

Poisson's ratio of matrix ratios of transversely isotropic fiber – see (2)

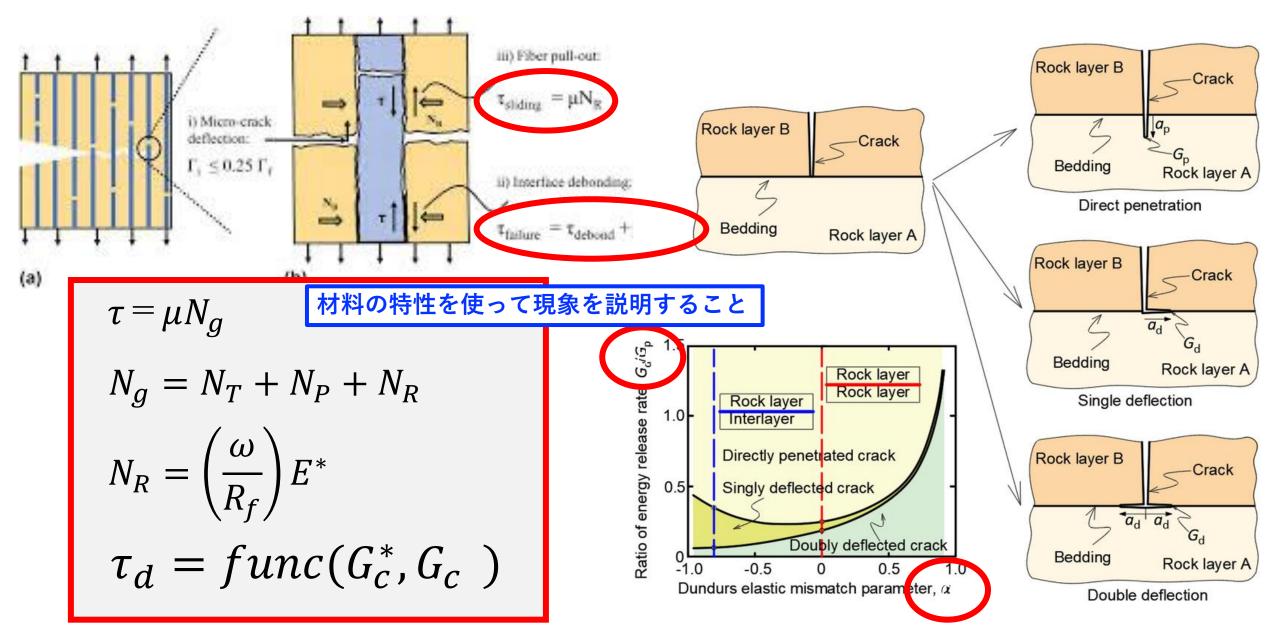
coefficient of friction $(A_f/R)^2$ area fraction of fiber
axial stresses in fiber and matrix
radial component of stress at interface (unless

radial component of stress at interface (unless otherwise stated)

$$= (b_2 + b_3) \left\{ \frac{(1-\rho)}{\rho c_1 c_3} \left(\frac{\mathscr{G}_c}{E_m R_f} \right)^{1/2} l_0 + \frac{\tau l_0^2}{E_m R_f} + \left[\left(\rho^{-1} - a_1 \right) \overline{\sigma}_0 / E_m + a_2 \epsilon^T \right] (l - l_0) \right\}.$$

 $\sigma_{\rm f}, \sigma_{\rm m}$

CMC特有の界面力学特性の例



2024年の時点における研究開発時の留意点

- 材料の特性(性能)を用いた提案(形より特性)
- 国際レベルでの材料の特性(時間依存特性を含む)
- 国際的に認められている方法での特性(性能)測定
- SiC/SiCの研究開発の歴史を踏まえた説明 特に複合化組織・繊維配列・マトリックス特性など 繊維の特性は決定→変えられるのは界面とマトリックス
- ・不足している技術の研究開発=工学的基礎研究課題
- ・ 10年使ったことがない材料の10年間の性能保証
- 部品の設計をするためのデータ蓄積(材料は固定)