

(732) Si_3N_4 接合材のせん断及び4点曲げ強度と破壊モード

東京大学大学院〇榎 学 工学部 岸 輝雄、小原 嗣朗

日本大学学生 北沢 隆行 生産工学部 小幡 義彦、青木 顯一郎

東芝 田中 俊一郎

1. 緒言 セラミックス接合材の破壊は、接合界面近傍領域に内在または負荷により発生したき裂を起点として進行し、そのき裂の伝播による破壊モードが接合強度の大きさやばらつきを支配すると考えられる。このため、破壊の起点、破壊モード及び強度の関係を求めることが必要となる。そこで、 Si_3N_4 接合材について、せん断及び4点曲げ試験の際の破壊モードの強度への影響を調べた。

2. 実験方法 供試材は、常圧焼結 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{S45C}$ 鋼接合材である。接合はTiを添加した銀ろうを用いて活性化金属法により行ない、熱膨張緩衝材としてCuを用いた。せん断試験は、クラッド鋼の試験法 (JIS G 0601) に準じて行なった。試験片の形状を Fig.1 に示す。負荷を加えた後除荷して側面から光学顕微鏡で観察し、負荷をさらに200 kg ずつ増加させて繰り返し観察した。負荷速度は0.1 mm/min とした。4点曲げ試験は、JIS R 1601 に準じて行なった。試験片の形状を Fig.2 に示す。

3. 実験結果 せん断試験の際の破壊の進行状況の例を Photo.1 と Photo.2 に示した。Photo.1 の試験片では、まずB (負荷 $P = 600 \text{ kg}$) でろう材の中央部が降伏している。また、 Si_3N_4 側の左にき裂が存在しており、ろう材側の右でもき裂が発生していることがわかる。そして両方のき裂が成長し、D ($P = 990 \text{ kg}$ 、 $\sigma = 13.2 \text{ kgmm}^{-2}$) で破断した。一方、Photo.2 の試験片では、A ($P = 200 \text{ kg}$) でろう材が降伏し始め、ろう材の左ではき裂が発生している。最大負荷C ($P = 1320 \text{ kg}$) まで破断せず、次の負荷時にD ($P = 1160 \text{ kg}$ 、 $\sigma = 15.5 \text{ kgmm}^{-2}$) で両方の接合部で破断した。また4点曲げ試験の結果、 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}_3\text{N}_4$ 接合材では、 Si_3N_4 側とろう材を通してき裂が進行し、曲げ強度 56.0 kgmm^{-2} が得られた。また、 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{S45C}$ 接合材では、破壊は Si_3N_4 側でのみ起こり、曲げ強度は 35.3 kgmm^{-2} となった。強度は破壊モードに依存することがわかる。

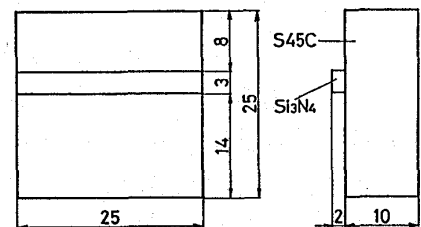


Fig.1 Shape of specimen for shearing test

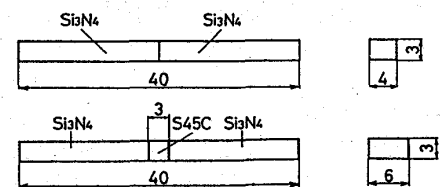


Fig.2 Shape of specimens for four-point bending test

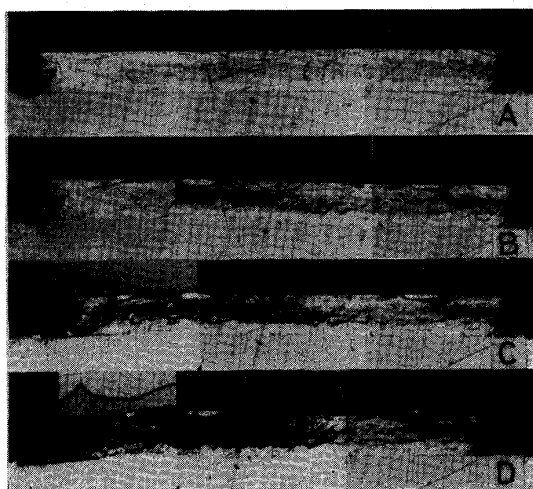


Photo.1 Example of optical micrographs of specimen for shearing test after loading: (A) 0kg, (B) 600kg, (C) 800kg, (D) 990kg

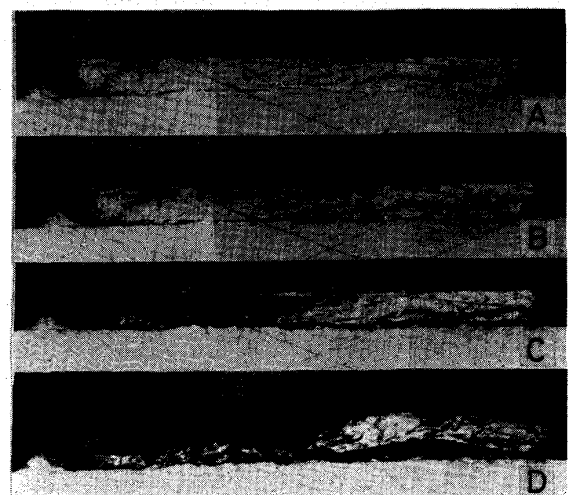


Photo.2 Another example of optical micrographs of specimen for shearing test after loading: (A) 200kg, (B) 400kg, (C) 1320kg, (D) 1160kg