

セラミックス/金属接合体の接合体強度改善に関する検討

Investigation of Improving Strength of Ceramics/Metal Joints

犬飼舜弥¹⁾, 輿水拓海²⁾

指導教員 立野昌義³⁾

1)工学院大学 工学部 機械工学科 材料力学研究室

2)工学院大学大学院 工学研究科機械工学専攻

3)工学院大学 工学部 機械工学科

キーワード:異材接合体, 接合界面, 残留応力

1. 緒言

近年技術や製品性能の高度化が進み, 様々な特性が同時に要求されているが, それらを同時に満たす単一材料の開発は難しい. そこで, 異なる材料同士を接合することにより, 互いの欠点を補いつつ, 互いの利点を生かすことができる異材接合体が注目されており, 例としてセラミックス/金属接合体が挙げられる¹⁾. しかし, 冷却過程においてセラミックス側界面端近傍に残留応力が発生し, 接合体強度に影響を与えている. 接合体強度を改善するには残留応力を低減する必要があるが, 有効な方法は確立されていない. また, 残留応力は界面端形状などに依存しており, 残留応力を低減する方法としては界面端形状を積極的に加工することなどが挙げられる^{2), 3)}.

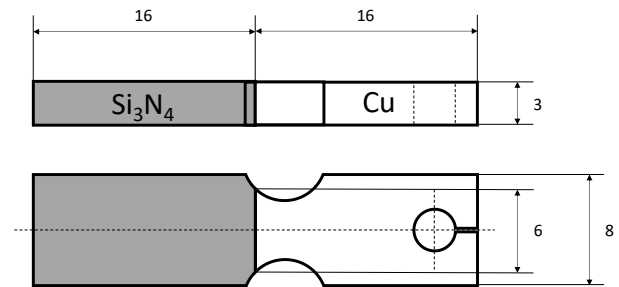
そこで本研究では, セラミックス/金属接合体を対象とし, 接合前に施した両界面端形状操作が接合体強度と破壊様式に及ぼす影響を明らかにすることを試みた.

2. 実験方法

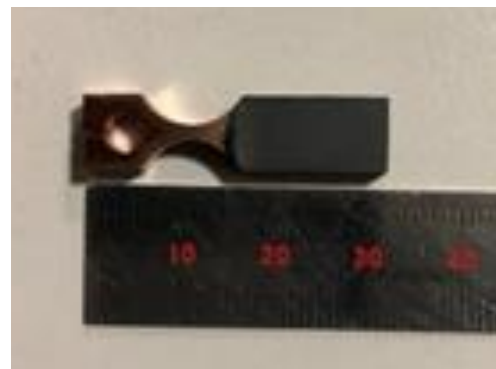
本実験では, セラミックス側に導電性窒化珪素, 金属側に銅を対象として行う. 導電性窒化珪素は日本タングステン株式会社製, 銅は市販の純銅を用いた.

接合体界面と自由表面のなす角を界面端角度 φ と定義し, セラミックス側の界面端角度を φ_1 , 金属側の界面端角度を φ_2 とし, $\varphi_1 + \varphi_2 = 180^\circ$ となるように

$40^\circ \leq \varphi_1 \leq 140^\circ, 40^\circ \leq \varphi_2 \leq 140^\circ$ に設定した. 試験片形状を図1に示す. セラミックス側の界面端角 φ_1 はワイヤーカット放電加工により行い, 加工経路に必要な円弧補間情報に関しては, 図2のように行い, 各角度の設定はあらかじめ角度に対応した円弧の中心位置をオフセットすることで対応した. 自由曲面の半径 R と界面長 W は, $R = W = 6\text{mm}$ の一定条件とした.



(a)設定寸法



(b)接合処理後の形状(角度 $\varphi_1 = 135^\circ$)

図1 試験片形状

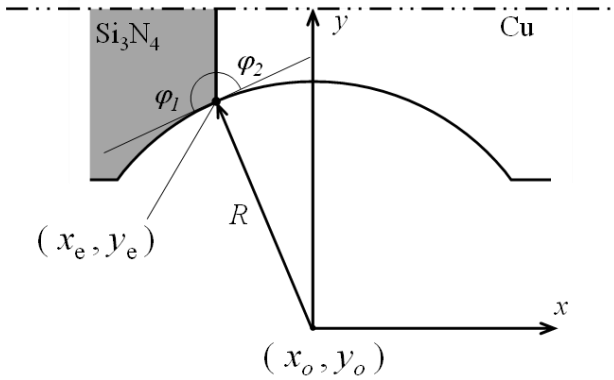


図2 界面端角度操作

試験片はワイヤーカット放電加工機 ROBOCUT α -0C (FANUC 社製)を用いて板材から両材料の界面端角度を設定し切り出した。接合処理では、赤外線ゴールドイメージ炉(アルバック理工工株式会社)を使用し、活性金属ろう付け法で行った。また、ろう材は Incusil-ABA(WESGO 製)を用いた。接合温度は全て 770°C で行った。接合後、引張試験機(JT トーシ株式会社製 LITTLE SENSTER)でクロスヘッド速度 $1\text{mm}/\text{min}$ の条件下にて引張試験を行った。その後、CCD マイクロスコープ(KEYENC 製 VHX-100)を用いて、試験片の破断面と破断様式の観察を行った。

3. 実験結果

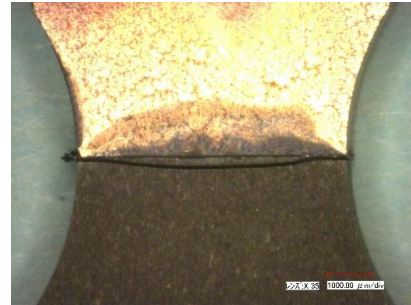
破壊様式の代表例を図3に示す。ここで示す破壊様式は界面端セラミックス側から発生し、その後セラミックス内部に破壊が進展した様子を示している。この破壊様式は $60^{\circ} \leq \varphi_1 \leq 120^{\circ}$ で確認できた。このため、セラミックス/金属接合体強度はシステムとして外力に対して抵抗が最も弱い箇所が発生すると仮定すれば、セラミックス側界面端部で強度が支配されているものと考えられる。

この範囲における接合体強度は、 $\varphi_1 = 90^{\circ}$ を基準に角度を小さくおよび大きく設定するに伴い接合体強度は上昇傾向を示すことが確認できた。

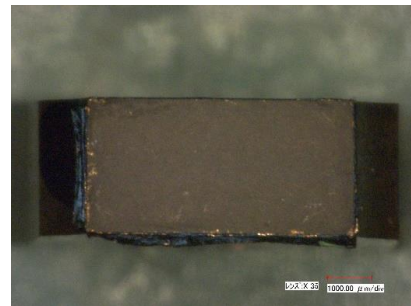
セラミックスの強度は同一ブロックから切り出したため、強度レベルは一定と考えられるため、角度の変化による接合体強度の上昇理由は界面端部の残留応力低減によるものと推測される。

それ以外の領域に関しては、必ずしも破壊様式が界面端セラミックス側から発生したものと異なり、接合体

強度も角度の変化に対して必ずしも向上しないことから、 $60^{\circ} \leq \varphi_1 \leq 120^{\circ}$ に設定した角度試験片では、破棄支配因子がセラミックス側界面端から他の因子に遷移したものと推測される。



(a)破断時の接合界面



(b)破断時の破断面

図3 接合界面及び破断面の観察結果

4. 結言

本研究では、窒化珪素/銅接合体を対象とし、接合前に施した界面端形状操作が接合体強度と破壊様式に及ぼす影響を、界面端角度を変更することによって実験を行い、破壊時の強度と試験片の破断面、破壊様式から明らかにした。

5. 参考文献

- 1) 中田一博, 異材接合の接合機構, 軽金属溶接協会, 年次講演会(2017)
- 2) 井上忠信, 久保司郎, 異材界面端の熱応力場, 材料, Vol.48, No.4 p.365-375, (1999)
- 3) 村田雅人ほか, 中間層を有するセラミックス-金属接合体の強度と解析的評価, 材料, Vol.41, No.466 p.1101-1107(1992)