

セラミックス/金属接合界面形状設定における検討

Examination in setting the interface shape of ceramics / metal joints

輿水拓海¹⁾ , 梶将季¹⁾

指導教員 立野昌義²⁾

1) 工学院大学大学院 工学研究科機械工学専攻

2) 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

近年製品の高度化に伴い強度だけでなく、耐摩耗性や耐熱性など様々な性能が同時に満たされることを要求されているが、すべての要求を同時に満たすことは単一な材料では不可能である。そこで、異なる材料を適材適所に用いることで、お互いの欠点を補い、利点を生かすことができる異材接合体が注目されている^{(1) - (3)}。

しかしながら、異材接合体は、材料定数および材料の端部角度により、外力や温度変化が作用すると、界面上における材料の不連続により界面端付近の応力場には、弾性論上無限上に無限大となる応力特異性を示すことが理論解析から明らかになっている^{(1) - (3)}。この界面端近傍の応力集中により接合体強度が著しく低下すると知られている。

本研究では、セラミックス/金属接合界面端形状の修正効果を解明するための事前検討として、平面界面を有する平板上の窒化珪素/銅接合材試験片を対象として、接合界面の縦横比を変えた際の接合強度に及ぼす影響について検討を加えた。さらに、接合界面端形状の修正効果を行う際の界面端形状を操作する選択肢の一つとして加工が容易となる接合界面側面自由縁を円弧上に加工した試験片を対象として、接合体強度に及ぼす接合処理終了直前からの経過時間及び自由縁円弧半径の影響を明確にし、接合後に自由縁を加工した際の接合体強度の改善効果について検討を行う。

2. 実験方法

本実験では、板状 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Cu}$ 接合体試験片を対象として、界面形状を設定するまでの基本的な情報を実験的に明らかにすることを試みた。

セラミックスは窒化ケイ素、金属は市販の銅を用いた。試験片は板材からワイヤカット放電加工機 ROBOCUT α -OC (FANUC 社製) を用いて両材料の界面形状が同一形状になるように切り出した。放電加工面をアセトン液中に浸漬させた状態にて超音波洗浄・乾燥後に直接接合処理に供した。接合処理には赤外線ゴールドイメージ炉 (アルバック理工社製) を使用し、活性金属ろう材箔を用いた。接合した試験片はそのまま引張試験機 (JT トーシ社製 LITTLE SENSTER) に取り付け、引張強度を評価した。その際のクロスヘッド速度を 1mm/min に設定した。破断後、破断面の観察及び強度評価を行っていく。試験片の破断面観察は、マイクロスコープ (KEYENCE 製 VHX-100) を使用する。

2.1 寸法効果の試験

板状試験片の基準の界面形状を、幅 8.0 mm × 厚さ 5.0 mm と設定し、界面幅寸法を 4mm, 6mm, 8mm, 10mm に設定した試験片を用い、接合体強度に及ぼす幅寸法の影響を評価した。さらに、基準寸法に対して、幅 8 mm × 厚さ 3 mm に切り出し、厚さを変更した試験片の接合体強度と比較し厚さの影響を評価した。なお用いた試験片はすべて接合界面と自由表面のなす角を界面端角度とし、本実験ではこ

の界面端角を直角とした。この時のセラミックス側および金属側の界面端角度をそれぞれ φ_1 および φ_2 と表現した。

本研究の対象材料を板あるいはブロックから切り出し加工を行う際、ワイヤカット放電加工機を用いることで界面端部を様々な形状に加工することが可能となる。そのための基礎検討として、接合体自由縁を円弧状に設定する試験片を対象とし、界面を8mm幅×5mm厚さとなる基準試験片を用い、接合体強度に及ぼす自由縁の円弧半径の影響を調べた。なおこの時の界面端角度は、接合体を正面に見据えた状態における界面端における接線と界面とのなす角度とし、いずれも直角になるよう設定した。なお、直接接合後に界面端を含む自由縁を加工する方法の事前検討として、接合処理後から強度試験までの時間が接合体強度に及ぼす影響についてを、基準界面寸法(8mm幅×5mm厚さ)条件の下で明らかにすることを試みた。

3. 実験結果と考察

接合処理後に引張り試験した試験片は、界面の結合力が確保され、セラミックス側界面端部近傍から破壊した様子が観察された。このことから接合体の強度支配因子はセラミックス側界面端に生じる応力集中が主原因であると推測される。

接合体強度レベルでは、界面形状の厚さ、及び幅方向寸法の依存性が確認できた。接合体強度は、幅寸法には大きな差はなかったが、厚さが薄くなると接合体強度が高くなる傾向あった。この原因是、材料内部の温度差に起因する熱応力の発生などが考えられる。

4. 結言

本研究では窒化ケイ素/銅接合体を対象とし、接合界面の縦横比、接合処理後の経過時間及び接合界面自由縁の加工方法が及ぼす接合体強度の影響について明らかにした。

参考文献

- 高橋 学, 岡部 永年, 平田 英之, 白木 尚人, 小林 英男, セラミックス/金属接合部材の破壊強度データベースと強度解析, 材料 51(1), 61-67, 2002-01-15, 社団法人日本材料学会
- 岡部 永年, 高橋 学, 朱 霞, 賀川 賢一郎, 丸山 美保, “セラミックス/金属接合材の残留応力と疲労強度特性”, 材料 Vol.48, No.12(1999), pp.1416-1422,
- 井上忠信, 久保司郎, “異材界面端の熱応力場”, 材料 Vol.48, No.4(1999), pp.365-375,

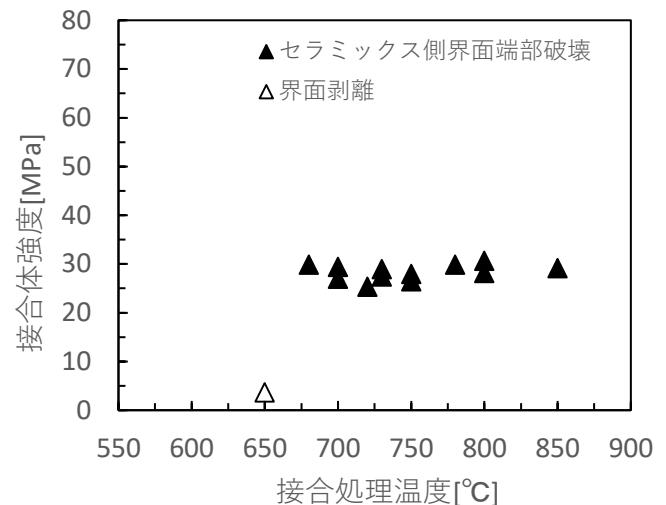


図1 接合体強度に及ぼす試験片厚さ 5mm の影響

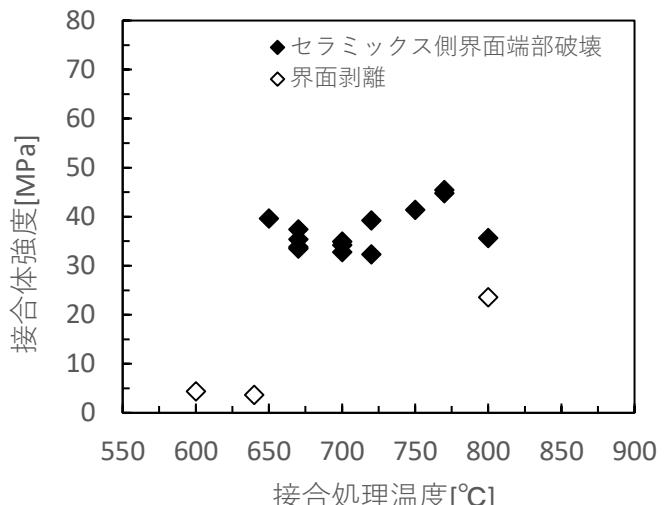


図2 接合体強度に及ぼす試験片厚さ 3mm の影響