

界面端形状を有する異材接合体の製作に関する検討

Consideration on Production for Interface Edges in Bonded dissimilar materials

輿水拓海¹⁾, 梶 将季²⁾, 橋本 隆斗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, 活性金属ろう付け法

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、単一な材料では要求をすべて満たすことはできない。そこで、異なる材料を接合しお互いの欠点を補い、利点を活かすことができる異材接合体が注目されている。異材接合体には耐熱性、耐摩耗性の特性を有するセラミックスを部分的に適用するセラミックス/金属接合部材が真空バルブ容器、半導体基板などの構造・機能部品に使用されている⁽¹⁾⁻⁽²⁾。

しかしながら、異材接合体は、材料の端部角度及び材料定数により、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、弾性論上無限大の応力が生じる応力特異性を示すことが理論解析から明らかにされている。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⁽³⁾ことが知られている。

界面端形状操作をする上で、導電性セラミックスを用いれば、放電加工を用いることで高精度の切り出し加工が可能となるが、接合処理時に界面を構成する両材料の物性値の違いが界面端形状にどの程度あるかが明確ではない。

そのため本研究では、窒化珪素/銅接合体試験片

を対象として、現状を明らかにする上では、室温で同一界面端幅に切り出したセラミックスと金属側の試験片を接合処理後でどの程度の精度を有するかを確認し、精度の高い界面端形状を有する異材接合体の製造に関する検討を行う。

2. 実験方法

本実験では、 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Cu}$ 接合体試験片を対象として、放電加工による切り出し、および接合処理を行う。室温で同一界面幅となるようにワイヤーカット放電加工により切り出したセラミックスと金属側の試験片を接合処理に用い、接合処理後に形成する界面端形状を接合処理温度ごとに明確することを試みる。

2.1 供試材と試験片切り出し方法

セラミックスは窒化ケイ素（日本タングステン社製）、金属は市販の銅を用いた。試験片は厚さ3mmの板材からワイヤーカット放電加工機 ROBOCUT α -0C（FANUC 社製）を用いて切り出した。

板材から試験片寸法を切り出す際の試験片の界面寸法を6.00mm幅×3.00mm厚さに設定した。いずれの材料も切り出し後の幅は、ほぼ目標通り6.00mm±0.01mmであることを確認している。接合体界面と自由表面のなす角を界面端角度と定義

し、セラミックス側を ϕ_1 、銅側を ϕ_2 として界面端角度をいずれも直角に設定した。

試験片接合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て接合処理した。接合処理温度条件は活性金属ろう材が溶融する温度領域として $550^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ の範囲とした。接合処理後の異材接合体試験片の界面端の観察はSEM(JSM-6380LA, JEOL EDS-Wet)にて観察した。観察後、接合体試験片をそのまま引張り試験機(JT トーシ社製 LITTLE SENSTER)に取り付け、引張り強度を評価した。その際のコスヘッド速度を $1\text{mm}/\text{min}$ 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。

3. 実験結果と考察

接合処理後の接合体試験片の代表例を図1に示す。この図は、接合処理温度 $T=650^{\circ}\text{C}$ における界面端部の画像を示している。

板材から試験片寸法を切り出す際の界面試験片寸法を目標値通りであることを接合処理前に確認し、各接合処理温度によらず接合処理に供する試験片を高精度に切り出しできていた。

接合処理後に観察される試験片の界面端部は、片側におよそ $20\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ 程度、セラミックス側側面に対して金属側の側面寸法が大きくなり、界面端部でセラミックスと金属材料とのズレが生じていることが確認できた。なおもう一方の片側は高精度に一致していることが確認できた。

本実験では、このように片側に形成された界面端部でできた材料側面の不一致を界面不整合と定義して、これらの接合処理温度の依存性を明確にすることを試みた。

この結果から、接合処理温度範囲における片側の界面不整合は $40\mu\text{m}$ 未満であり、機械加工における寸法精度の範囲内に十分収まっていた。

この界面片側不整合は接合前における切り出し加工ではほぼ同一界面幅寸法にできていたことから、この不整合は接合処理温度の上昇により熱膨張した両材料が高温で接合したことにより生じた

と考えられる。ただし、金属材料の自由熱膨張量は雰囲気温度の上昇に伴い増加することになるが、接合処理温度における明確な傾向は確認できなかった。このことから、両材料の界面結合力が確保でき、界面を構成する材料の変位を互いに拘束する接合温度に大きな違いがない可能性も考えられる。今回は、材料の物性値に関連する界面不整合を回避する上で接合処理時に制御できないため、あらかじめ加工時における数十 μm 程度の補正を加工時に考慮する方法について考察行なった。

形成される界面端不整合調整した接合体試験片の強度レベルを比較し、局所の界面端形状に及ぼす影響度について考察を行うことを試みる。

4. まとめ

本研究では窒化珪素/銅接合体を対象とし、界面端不整合を有する接合体試験片の引張強度と破断様式を明らかにした。

5. 参考文献

- (1) 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 Vol. 51, No. 1, (2002), pp. 61-67,
- (2) 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,
- (3) 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,

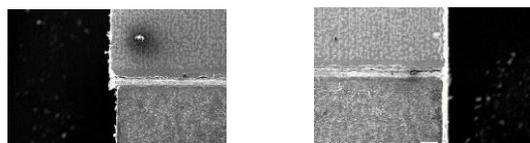


図1 接合後の試験片の界面端部