

シリコン-マグネシウム混合フィラーを用いた 高温使用可能なアルミナセラミックス接合体の作製

(原題: Joining of alumina ceramics using silicon-magnesium composite filler for high-temperature applications)

金属系チーム 小濱 和之

要 旨

アルミナ (Al_2O_3) は高い耐熱性や耐酸化性など優れた特性を有しており、最も汎用性のあるセラミックスのひとつである。一方で、大型・複雑形状部材の一体形成が難しく、小型・単純形状部材の接合による組み立てが望まれている。しかし、熔融溶接は困難で、直接接合には極めて高い接合温度が必要である。種々のメタライズ法やろう付け法が提案されているが、いずれも接合部に耐熱性や耐酸化性の低い金属ろう材 (フィラー) が残存する 경우가多く、接合体の高温使用は困難となる。

筆者は、接合部の耐熱・耐酸化性を維持しつつ接合温度を低減するため、シリコン (Si) とマグネシウム (Mg) を含有する混合フィラーを用いた接合法を提案している。Siは、約 1400°C の高い融点を有し、 1000°C 程度以上では延性が発現するとされる。また、表面に緻密な酸化皮膜を形成しやすく、接合部を高温酸化から保護する効果が期待される。さらに、従来の金属フィラーに比べて Al_2O_3 との熱膨張係数差が小さく、接合部での熱応力の発生が抑制されると考えられる。一方、Si-Mg状態図に基づくと、SiにMgを添加することで、 1100°C 程度以下の低い接合温度でSi-Mg共融液相を生成させることができるため、比較的低温での接合に供することができる。さらに、蒸気圧が高いMgの多くが共融液相中から蒸発して取り除かれることで、接合部ではSi基の接合層が形成される。この接合層の融点は本来のSiの融点 (約 1400°C) と同等程度であると期待される。

本論文では、上記の原理に基づく接合が可能かどうか検証するため、Si-Mg混合フィラーを用い、真空中 1100°C 保持により、 Al_2O_3 接合体を作製した。フィラー中のMgの多くが蒸発して除去され、接合部ではSi基接合層が形成されていた。フィラーの初期Mg組成が43~53 at. %の範囲のとき、室温での接合部引張強度は平均で20~30 MPaであった。これらの接合体について、大気中 1200°C で曲げ試験を行ったところ、約65 MPaの破壊応力を示したことから、接合温度よりも少なくとも 100°C 高い温度で使用できる可能性があると結論づけた。

(本研究はJSPS科研費JP18K04726の助成を受けたものである)

(本研究はScience and Technology of Welding and Joining誌にて発表した)

<https://doi.org/10.1080/13621718.2020.1714874>