

組合せ荷重を用いたアルミニウム合金の新しい拡散接合法の開発

三重大学 工学部

徳田正孝

(平成3年度研究開発助成 AF-91006)

1. 研究の背景

航空宇宙・自動車・車両などの輸送機器分野では、軽量化、リサイクルと言った観点からアルミニウム合金に対する期待が再び高まってきている。しかしアルミニウム合金は接合性、成型性が悪いと言う欠点を有しているため、現在の使用範囲はその期待に比して決して広いとは言いがたい。そこで本研究では接合性の改善にスポットを当てた。

アルミニウム合金をアーク溶接などの融接によって接合する際、熱伝導、熱膨張係数が高いために生じる残留応力や熱変形、接合表面に付着している酸化皮膜によって生じるブローホールやバルク欠陥が大きな問題となる。しかしこれらの現象は、融接を行う場合避けられない問題であり、改善することは非常に困難であろう。

一般に高品位に接合することができると言われる拡散接合を、アルミニウムに適用した場合、強固で熱的に極めて安定（融点2080℃）かつ母材に固溶しない酸化皮膜が、ここでも問題となる。したがって接合性を上げるためには、厳格な表面処理と接合環境を用意すればいいわけであるが、実際にこれらの条件を満たすことは、産業レベルの技術を対象にした場合決して容易ではない。またこの場合、一般には融点近くまで温度を上昇させなければならず、合金元素が添加されたものや異種金属の接合の場合、脆弱な金属間化合物を形成してしまうなどの不都合が生じる。

以上のような背景の下に、本研究では、比較的低温で、短時間にしかも高品位にアルミニウム合金同士、あるいはアルミニウム合金と多種合金を接合することを目的として、拡散接合に酸化膜を効果的に破壊、分散、微細化する効果の期待できる繰り返しせん断荷重を用いた拡散接合法を提案し、その効果を詳細に調べた。

2. 研究成果の概要

さて上述のように、本研究では、比較的簡単な環境、短時間でしかも高品位にアルミニウム合金同士、あるいはアルミニウム合金と他種合金を接合することを目的として、酸化膜を効果的に破壊、分散、微細化する効果の期待できる繰り返しせん断荷重を用いた拡散接合法を提案した。すなわち、従来の軸圧縮荷重（圧力）だけを加えた場合、この

軸圧縮荷重はミクロな凹凸を持つ表面上の酸化皮膜をある程度破碎するが、この破砕片のほとんどは接合面に残ってしまう。一方繰り返しせん断応力と軸圧縮応力の組み合わせ荷重を用いた場合、破碎された酸化膜の微細化およびその分散促進が期待される。さらに接合面近傍ではせん断荷重により多くの転位が発生するため、原子のエネルギー状態は高くなり拡散は活性化し、低温でも十分な接合力が得られることが期待できる。なお、せん断荷重が拡散接合に対して有効であるとのアイデアは研究申請者が最初ではないが、これまでの公表された研究のほとんどは、ある限定された製品の問題解決として取り扱われ、系統的に一般的に論じた研究は現在のところ見当たらない。研究はまず、基礎的実験により開始された。試験片は、Al-Mg合金（JIS-A5056）製の2つの中空円筒を用い、この円筒断面を押しつけ、かつ繰り返しねじりを与えることにより接合表面にせん断応力を与えた。この接合実験ではアルゴンガス雰囲気の中熱炉内で、軸応力、せん断応力およびその繰り返し数、繰り返し振幅、加熱温度および保持時間、表面処理法の影響、インサート材の種類などの影響を系統的に検討した。

このような実験により得られた結果の詳細は、添付した論文コピーにあるとおりであるが、その要点は、

- (1) アルミニウム合金の拡散接合において、繰り返しせん断応力は極めて有効である。
- (2) 一般的な拡散接合で適用されている温度（550℃-620℃）と比較して、330℃という比較的低い温度において高い接合力が得られた。
- (3) アルミニウムの拡散接合には高真空炉が必要と言われているが、330℃の場合、アルゴンガス雰囲気（垂れ流し方式）中でも十分接合可能である。

この接合には多くの条件が関係するが、これらの最適値を実験にて設定することは極めて難しい。現在、コンピュータ数値シミュレーションによる最適値探索の可能性を模索中である。

さらに、ここで得られた拡散接合法の応用として、電力輸送用アルミニウム線束の高品位接合を試みている。