

中性子回折法を用いたマグネシウム合金/アルミニウム合金爆発圧着材 における残留応力解析

Analysis of residual stress by neutron diffractions in explosively welded Mg/Al alloys

成田 麻未¹⁾

Mami NARITA

¹⁾名古屋工業大学

(概要)

マグネシウム合金 AZ80/アルミニウム合金 A6005C 爆発圧着 (爆着) 材の接合界面における残留応力分布状態について、中性子回折法を用いて検討を行った。その結果、いずれの測定方向においても、マグネシウム合金側およびアルミニウム合金側における残留応力は、それぞれ引張および圧縮の残留応力が得られた。これは、爆着時の高速変形において、線膨張係数の小さなアルミニウム合金が、大きなマグネシウム合金の収縮を拘束するため、上記のような残留応力分布状態を示したと考えられる。また、事前に調査した、放射光 X 線による残留応力測定により得られた傾向と一致しており、マグネシウム合金/アルミニウム合金爆着材の接合界面における残留応力分布状態を特徴づける結果であると考えられる。 -

キーワード：爆発圧着法，接合界面，残留応力，マグネシウム合金，アルミニウム合金

1. 目的

実用合金中で最も軽量であるマグネシウム合金は、輸送機器の軽量化の観点から更なる活用が注目されている。しかしながら、マグネシウム合金は耐食性が低く、常温における延伸性が非常に乏しいことから、マグネシウム合金単体での輸送機器の部材適応は非常に困難である。そこで、既に軽量材料として広範囲で利用されているアルミニウム合金とのクラッド化による部材の作製が有効的である。溶融溶接等の従来の接合方法では、マグネシウム合金とアルミニウム合金の接合界面に脆性的な金属間化合物が形成し、溶接継手の強度を低下させる¹⁾。この問題を解決するため、本研究では爆発衝撃力を利用した爆発圧着 (爆着) 法に注目した (図 1²⁾)。本手法は、接合時に生じる爆発熱が材料内部に伝達する余裕がないほど接合速度が速いため、マグネシウム合金とアルミニウム合金の接合に適用することができる。爆発圧着したマグネシウム合金とアルミニウム合金 (マグネシウム合金/アルミニウム合金爆着材) の接合材料の実用化を考えた場合、爆発圧着により発生する残留応力は、亀裂の発生や成長等の疲労特性に影響を及ぼすため、爆発圧着後の残留応力の評価ならびに焼鈍処理等による残留応力の低減を検討する必要がある。

以上より、本研究では、中性子回折法を用いて、マグネシウム合金/アルミニウム合金爆着材の接合界面における残留応力分布を測定することを目的とする。

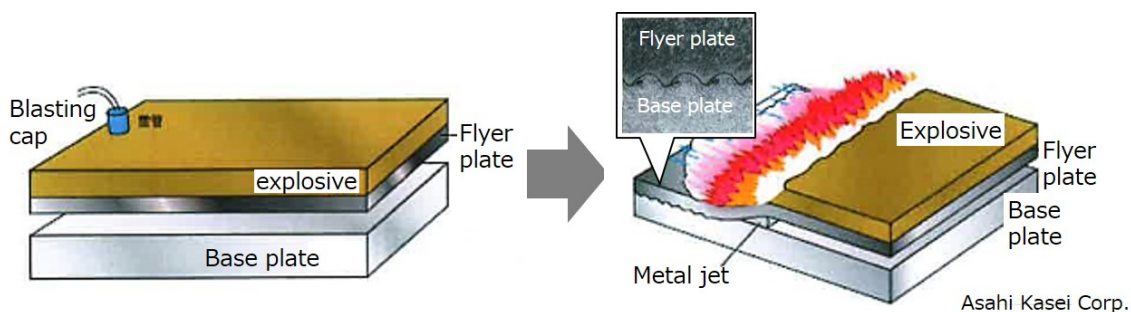


図 1 爆発圧着接合プロセスの模式図

2. 方法

測定試料は、マグネシウム合金 AZ80/アルミニウム合金 A6005C 爆着材および無歪試料（ここでは接合前のマグネシウム合金押出材およびアルミニウム合金押出材とする。）である。爆着材は板厚 6mm、押出材は板厚 3mm であり、いずれもワイヤー放電加工によって元サイズ（幅 130×1000mm）から□50mm の小片に加工した。中性子応力測定は、茨城県那珂郡東海村に設置された試験用原子炉 JRR-3 の T2-1 ポートに設置された中性子応力測定装置 RESA を用いた。中性子の波長は 2Å に調整し、入射側のスリットは 1×15mm、検出器の前方に 1mm のラジアルコリメータを設置した。測定点は、3 軸主応力方向において、試料の板表面から深さ方向（板厚方向）に 1mm 間隔として歪を測定した。得られた歪から、試料内部の 3 軸主応力方向の応力を求めた。また、回折面については、マグネシウム合金では (11-22) 面、アルミニウム合金では (220) 面とした。

3. 結果及び考察

図 2 はマグネシウム合金 AZ80/アルミニウム合金 A6005C 爆着材の接合界面近傍における残留応力分布状態を示す。縦軸は残留応力、横軸は接合界面からの距離である。測定方向は、接合方向 (Weld direction : WD)、接合面法線方向 (Normal direction : ND)、および板幅方向 (Transverse direction : TD) の 3 方向である。マグネシウム合金側およびアルミニウム合金側における残留応力は、それぞれ引張および圧縮の残留応力が得られた。これは、爆着時の高速変形において、線膨張係数の小さなアルミニウム合金が、大きなマグネシウム合金の収縮を拘束するため、上記のような残留応力分布状態を示したと考えられる。

アルミニウム合金側は、マグネシウム合金側と比べて、測定方向による応力値の差が大きく、TD 方向の残留応力が最も大きな値を示した。接合前のアルミニウム合金押出材における集合組織の配向状態が影響していると考えられるが、さらなる検討が必要である。

また、中性子線は、軽金属材料に対して高い透過性を示すため、反射（回折）強度が非常に弱くなり、特に、無歪試料については板厚が 3mm であったために、歪測定には時間を要した。追実験を検討する場合は、試料を重ね合わせて厚みを増して測定することが望ましいと考えられる。

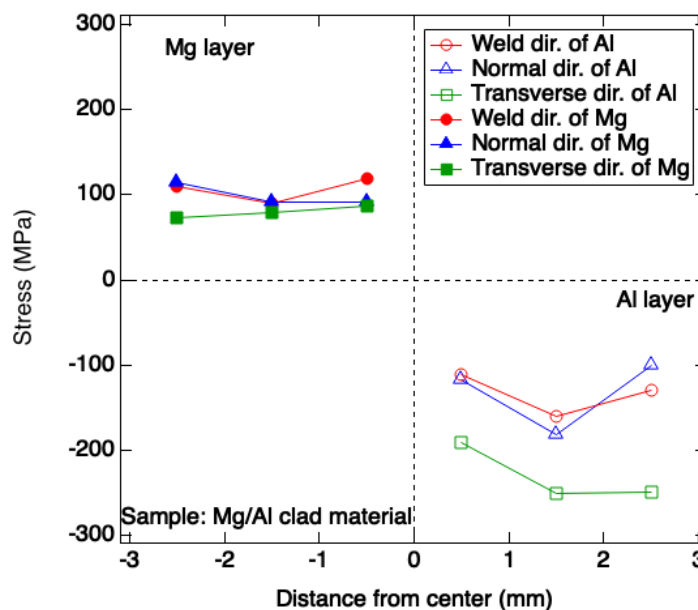


図 2 マグネシウム合金 AZ80/アルミニウム合金 A6005C 爆着材の接合界面近傍における残留応力分布状態

4. 引用(参照)文献等

- 1) N. Yamamoto et al.: Mater. Trans., 50 (2009), 2833-2838.
- 2) 爆発圧着クラッドを用いた異材継手：圧力技術, 53 (2015), 42-45.