

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目

水中衝撃波を利用するタングステン薄板およびモリブデン薄板の爆発圧着に関する研究

熊本大学大学院自然科学研究科 複合新領域科学専攻 衝撃エネルギー科学講座
(主任指導 外本 和幸 教授)

論文提出者 李 俊昨
(by Lee Joonoh)

主論文要旨

爆発圧着法は、爆薬の爆ごうによって発生する高エネルギーを金属板に作用させることで金属板を高速度で飛翔させ、もう一方の金属板の衝突させることによって同種または異種金属同士を瞬間的に接合する加工法である。爆発圧着法は、基本的には冷間圧接加工に属するが、衝突表面の極めて薄い層においてのみ融点を超える温度上昇が極短時間に発生するので熱による影響をほとんど受けない。従って、融点の差が大きい金属の組合せや熱に対して弱い金属など、従来の溶接で接合が困難な金属同士の接合が可能である。

本研究では水中衝撃波を用いる爆発圧着法によって実験研究を行った。水中衝撃波を用いる爆発圧着法は、高性能爆薬を試料に対して適切な傾斜角度と距離を与えた状態で水の中に配置し、爆薬の爆ごうによって発生する水中衝撃波を試料に作用させることで、良好な板同士の全面接合を達成させる方法である。このとき、合せ材に対する傾斜角度と距離を変化させることで試料に作用させる圧力を制御することで、合せ材の衝突速度や衝突角度を変化させ、良好な接合を達成することが可能である。この方法を用いることで、通常の爆発圧着法では接合困難とされる厚さ数十 μm 程度の薄板や脆性材料などの接合にも有効である。通常の爆発圧着法では、わずかな板間の間隔で良好な接合条件を満足させる程度にまで加速させることが難しいが、水中衝撃波を作用させることで、瞬間に高速度にすることが可能になる。

本研究で研究対象としたタングステンおよびモリブデンは、高融点・脆性などの特性によって一般に他の金属との良好な接合を達成することが困難である。そこで、すでに脆性材料として知られているアモルファス金属箔の接合に成功している水中衝撃波を利用する爆発圧着法を用いて、これらの材料の接合の可能性について検討することにした。

本研究では、まず水中衝撃波を用いる爆発圧着法を用いて、タングステンと銅の接合を試みた。

回収された接合体の界面には爆発圧着特有の波状の界面組織が観察され、良好な接合が達成可能であることが実験的に確認された。ただし実験条件によっては、接合境界が一部非接合である場合や中間層を形成する場合が認められた。また一部の実験では、タングステン中に層状の割れや縦割れを形成する場合などが見られた。ここで、EPMA や XRD を用いて測定した中間層は、タングステンと銅が微細に混在していることが確認され、銅の成分が多いことなどから銅を主体とする金属ジェットがトラップされることで形成されるものと推察された。さらに実験条件を変更して行った一連の実験結果と数値解析結果を対応させることを通じて、接合可能な条件範囲を定量的に議論することを行った。

さらに、モリブデンと銅の接合についても、良好に接合されることが確認された。回収された接合体は、表面性状も良好でクラックのない接合体が得られた。光学顕微鏡や SEM などを用いて接合界面を観察した結果、接合界面の組織は爆発圧着の典型的な波状組織を形成する場合や、平滑な接合界面を呈する場合などが見られ、タングステンの場合と同様に適正な接合条件に関して議論が行われた。特に平滑な接合界面を呈す場合については、金属ジェットのトラップによって生じる中間層を形成することが多いことが認められた。