

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	異種金属爆発圧接における接合界面形成メカニズム
Title(English)	
著者(和文)	西脇淳人
Author(English)	Junto Nishiwaki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10443号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:熊井 真次,村石 信二,中村 吉男,小林 郁夫,木村 好里
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10443号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料工学	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	西脇 淳人		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	熊井 真次	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	村石 信二	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「異種金属爆発圧接における接合界面形成メカニズム」と題して7章から構成されている。本研究では、対照的な2種類の異種金属の組合せ、すなわち両者の密度差が小さく、正弦波状の波状界面を呈し、かつ全率固溶するため接合界面に合金化領域が生成すると考えられる Cu/Ni の組合せ、ならびに両者の密度差が大きく、トリガー状の波状界面を呈し、かつ合金組成によって接合界面に種々の金属間化合物等からなる中間層を形成すると考えられる Cu/Al の組合せで爆発圧接材を作製し、実験と数値解析の両手法を用いることによって爆発圧接に含まれる次の5つの事象、(I) 爆轟を受けた Flyer plate と Parent plate の衝突過程、(II) メタルジェットの放出挙動ならびに波状界面の形成過程、(III) 接合界面の昇温過程、(IV) 接合界面の冷却過程、(V) 合金化領域や中間層の生成過程について解析し、爆発圧接過程について統合的な検討を行って、これまで明らかにされていなかった異種金属爆発圧接における接合界面の形成メカニズムを明らかにした。さらに衝突角度による合金化領域、中間層の制御について検討を行った。

第1章「緒論」では、固相接合法による異種金属接合の意義と研究背景、さらに爆発圧接法の特徴と接合原理について述べた。爆発圧接挙動を、前述した(I)~(V)の過程に分類し、各々について従来の研究の状況と問題点を述べた。さらに本研究の目的が、これら(I)~(V)について数値解析を行い、爆発圧接過程について統合的な検討を行うことで、異種金属爆発圧接における接合界面形成メカニズムを明らかにすることであることを述べた。

第2章「爆発圧接挙動を再現する解析モデルの考案」では、(I) 爆薬の爆轟と板材の衝突挙動を再現する Euler-Lagrange coupling model (Model 1)、(II) メタルジェットの放出挙動、波状界面形成過程、ならびに(III)接合界面の温度上昇過程を再現する SPH model (Model 2)、(IV) 接合界面の冷却過程と(V) 合金化領域あるいは中間層の生成過程を再現する OpenFOAM model (Model 3)の3つの考案した解析モデルについて述べた。

第3章「Cu/Ni 爆発圧接挙動の数値解析ならびに実験的検証」では、密度差が小さく、全率固溶する Cu と Ni の爆発圧接材を作製し、(I)~(V) の爆発圧接挙動について実験と数値解析の両手法を用いて検討することで、Cu/Ni 爆発圧接材のメタルジェットの放出挙動、波状界面の形成過程、局所融解領域の組成、渦部と母材の冷却速度、合金化領域の生成過程を明らかにした。

第4章「Cu/Al 爆発圧接挙動の数値解析ならびに実験的検証」では、密度差が大きく、種々の金属間化合物を生成する Cu と Al の組合せで爆発圧接材を作製し、(I)~(V) の爆発圧接挙動について実験と数値解析の両手法を用いて検討することで、Cu/Al 爆発圧接材のメタルジェットの放出挙動、波状界面の形成過程、局所融解領域の組成、渦部と母材の冷却速度、中間層の生成過程を明らかにした。

第5章「Cu/Ni 爆発圧接挙動に及ぼす衝突角度の影響」では、一定の衝突速度の下、異なる5つの衝突角度で Cu/Ni 爆発圧接材を作製し、(I)~(V) の爆発圧接挙動に及ぼす衝突条件の影響について実験と数値解析の両手法を用いて検討し、Cu/Ni 爆発圧接材の衝突角度によるメタルジェットの温度と放出量の変化、衝突点近傍の圧力変化と温度上昇の要因、局所融解領域の冷却速度、ならびに合金化領域の生成量について検討を行った。

第6章「Cu/Al 爆発圧接挙動に及ぼす衝突角度の影響」では、第5章と同様に、一定の衝突速度の下、異なる5つの衝突角度で Cu/Al 爆発圧接材を作製し、(I)~(V) の爆発圧接挙動に及ぼす衝突角度の影響について実験と数値解析の両手法を用いて検討し、Cu/Al 爆発圧接材の衝突角度によるメタルジェットの温度と放出量の変化、衝突点近傍の圧力変化と温度上昇の要因、局所融解領域の冷却速度ならびに中間層の生成量について検討を行った。

第7章「結論」では、各章で得られた成果を総括し、以下のように結論を述べた。

本研究では、対照的な異種金属の組み合わせである Cu/Ni と Cu/Al の爆発圧接材における(I)~(V)の爆発圧接挙動について実験的手法ならびに数値解析手法から検討を行い、接合界面形成メカニズムを明らかにした。すなわち、接合界面近傍の圧力は、衝突により数 GPa から数十 GPa の高圧となる。さらに波状界面形成により塑性変形が生じる。この圧力上昇と塑性変形により接合界面の温度が上昇し、界面の一部は局所的に融解する。圧力上昇に伴い物質の融点は上昇するが、圧力が上昇する時間は数 μs と非常に短いため、局所融解領域に及ぼす融点変化の影響は無視できる。波状界面形成後、金属の組み合わせによらず接合界面では $10^6\sim 10^7\text{K/s}$ のオーダーの冷却速度の冷却が生じ、局所融解領域の凝固は数百 μs の間に完了する。母相への急激な抜熱により、局所融解領域の外側からその中央部に向かって凝固し、合金化領域あるいは中間層が生成する。Cu/Ni ならびに Cu/Al 爆発圧接挙動に及ぼす衝突角度の影響について検討を行い、接合界面の比内部エネルギーの総量は衝突角度によらずほぼ同じで、そのため比内部エネルギーの増加範囲が広範囲であれば接合界面の温度は低くなることを明らかにした。よって、衝突角度が大きい場合には、局所融解領域は渦部や界面近傍にのみ生じ、衝突角度が小さい場合には局所融解領域が接合界面に沿って生成されやすく、これより衝突角度を大きくすることで合金化領域あるいは中間層の生成量を抑制できることが明らかになった。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	材料工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	西脇 淳人		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	熊井 真次
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	村石 信二

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Explosive welding is a kind of solid state welding method, and a strong metallurgical bonding can be obtained with a wide range of metal combinations. However, a rapid temperature rise due to high speed collision of metal plates causes a local melting zone at the joint interface. Depending on metal combinations, an alloyed region or an intermediate layer (IML) is formed at part of the joint interface by solidification of the local melting zone. When the excessive intermediate layer is formed along the joint interface, the bonding strength decreases drastically. Therefore, it is desirable that the intermediate layer is reduced at the joint interface. In order to control the formation of the intermediate layer at the joint interface, it is necessary to reveal the formation mechanism of the intermediate layer on the explosive welding and investigate a factor of intermediate layer formation. However, it is difficult to observe the phenomenon (explosion welding behavior) occurring at the joint interface of the explosive welded joint which is completed in a very short time, experimentally. This study divided the explosive welding behavior into 5 processes of (I) collision process of the plates with the detonation, (II) wavy interface formation process, (III) temperature increase process at joint interface, (IV) cooling process of joint interface and (V) formation process of the alloyed region or intermediate layer, and devised three simulation models to investigate each process. The formation mechanism of the intermediate layer at the explosive welded interface was revealed by combining three simulation models. Furthermore, based on the result of the formation mechanism of the intermediate layer, the condition for reducing the amount of the alloyed region or the intermediate layer was investigated. It was revealed that the amount of the alloyed region and the intermediate layer can be reduced by increasing the impact angle.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).