

# 表面制御による拡散接合の低温度化

王 愛 如\*

## Optimizing of Diffusion Bonding Process by Surface Condition Control

by Airu WANG

拡散接合法は原子の拡散を利用して、材料を固相状態で接合する方法である。材料の特性を損なうことが少ない接合法として、新材料の創製と精密部品の組立等の広い分野に注目されている。しかし、従来の拡散接合法では、接合温度が高く、接合部の変形、粒成長等が問題になり、拡散接合の低温度化が要望されている。

本論文は、これらの背景のもとに、接合温度の低下を目的として、接合面の制御、特に①表面の形状(表面形状曲線での、山と谷の距離、山と山との距離)、②表面の清浄化(イオン衝撃)に着目して検討した。

表面の形状は、従来の旋盤加工の他、精密な切削が可能なダイヤモンド旋盤を用いて、表面粗さ( $R_y$ )を $90\text{nm} \sim 14\mu\text{m}$ と幅広い表面粗さの試料を作製した。また、イオン衝撃の効果を確認するため、酸素との親和力の観点から材料(銅、鉄、ステンレス鋼、アルミニウム)を選定し、その効果を検討した。

これら表面の形状と組成の制御によって、従来よりも低い接合温度で拡散接合するため、表面の形状や表面組成の制御の選定指針を明らかにすることを目的とした。

本論文は第1章から第6章まで構成となっている。以下に本論文の構成について述べる。

第1章では緒論であり、拡散接合方法に関連した研究の現状、ならびに本研究の必要性、着眼点、目的、各章の構成とその概要について述べている。

第2章では、各種の表面粗さの無酸素銅試験片を用いて $700^\circ\text{C}$ まで拡散接合し、接合面積に及ばず表面粗さの効果を検討し、銅の拡散接合面積を予測する2次元モデルの適用性を検討した。

その結果、表面粗さの減少とともに、破断箇所から測定した実際の接合領域の面積が増加し、ナノオーダに平滑化加工した接合部の接合面積が大きいことを示した。また、拡散接合時の凹凸部が接触して密着する面積を、2次元モデル化した数値計算で求め、実際の接合部の面積と比較した。全ての試料で数値計算した密着面積は接合破面から求めた接合箇所の面積とは一致して、ナノオーダの表面粗さの接合部での実際の接合面積を予測できることが示した。

第3章では、接合面積を予測できる2次元モデルを用いて、接合面積増加の増加過程への、表面形状の影響、特に粗さ曲線での、①山と谷との距離( $h$ )、②山と山との距離( $L$ )、③粗さ形状(山の高さ $h$ と山の幅の比 $h/L$ )の観点から検討した。

先の章で使用した実際の接合面の形状(山の高さ $h$ と山の幅の比 $h/L$ )は、約 $0.04$ で、この条件下では、山と谷との距離( $h$ )の減少は、拡散現象で空隙の消失を促進して、急激に接合面積が増加する。また、山と山との距離( $L$ )も非常に重要で、この値の低下も拡散現象による接合面積を増加させる。

最終的には、山と谷との距離( $h$ )のみならず、粗さ形状(山の高さ $h$ と山の幅の比 $h/L$ )が接合面積

\*新潟大学大学院自然科学研究科大学院生

現在 新潟大学VBL

[新潟大学博士(工学) 平成16年3月24日授与]

を大きく決定する。つまり、山の高さ $h$ と山の幅の比 $h/L$ を大きくすると、接合面積が大幅に増え、接合温度の低下につながることを明らかにした。

第4章では、接合温度を下げるために、表面組成の制御に着目し、銅の接合面をイオン衝撃して、その効果について検討した。

その結果、イオン衝撃による質量減少から計算される表面除去層を表面酸化層の厚さよりも大きくするイオン衝撃条件の選定で、衝撃した接合部の接合温度が大幅に低下する。

イオン衝撃は、接合面を清浄化するため、密着接合した接合箇所 $\phi$ に形成される介在物(酸化物)の量を低下させ、この密着接合した接合箇所 $\phi$ の接合度合いを向上させる。イオン衝撃の効果は接合面を清浄化して、密着接合した接合した箇所 $\phi$ の接合度合いを向上させることから、密着箇所 $\phi$ の接合化の意味があ

ることを明らかにした。

第5章は、各種金属のイオン衝撃効果に及ぼす効果を、酸素との親和力が異なる無酸素銅、鉄、ステンレス鋼、アルミニウムを選定し、検討した。

その結果、イオン衝撃後、接合までに約2分経過する。この間にイオン衝撃で清浄化された接合面が、再度汚染される。このため、酸素との親和力の大きい材料ほど、残留ガスが清浄面に衝突した際の吸着確率が高く、その結果、密着接合した箇所 $\phi$ に形成される介在物量が増加する。銅よりも酸素との親和力の大きい、鉄、ステンレス鋼、アルミニウムと接合界面の再汚染によって、接合性は低下する。酸素との親和力の大きい材料程、イオン衝撃による接合温度での低下効果が少ないことを明らかにした。

第6章では、本研究で得られた結果の総括を行っている。