

研究ノート

高真空中の拡散接合

丸尾 大* 平田 好則**

1. はじめに

拡散接合は、接合部材を溶融することなく、比較的低温で原子の相互拡散によって接合しようとするもので、母材の性質をそこなわず、かつ接合時の変形が少ないことを特長としている。また同種金属間はもとより、異種金属の接合や複合材料などの融接が困難な材料に適用できるので積極的に活用されている。

接合は通常、 10^{-4} Torr 程度の真空中で接合面を接触させ、加圧して密着化を強めながら加熱して原子の相互拡散をはかる。したがって接合させようとする部材の表面状態が、接合品質に大きく影響する。両金属が接合面全体にわたって気、液あるいは固相などによる表面汚染がなく、原子径オーダーまで接近すれば両金属は容易に一体化し、完全な継手が得られるわけである。事実、超高真空中での清浄金属表面間の凝着力が上昇するという報告もある。しかしながら現実の金属表面は酸化皮膜、油脂、吸着ガス等で覆われており、さらに接触面は平面ではなく、0.1~30ミクロン程度の凹凸がある。

このように拡散接合機構を支配するともいえる表面状態の効果を明らかにするには、ガス吸着や接合過程での酸化物の形成に影響を及ぼす真空度を高めねばならない。

2. 拡散接合装置

拡散接合装置は加圧系、加熱系、排気系から成っている。図1は本研究室で設計、製作した実験装置の概略を示す。真空容器はステンレス鋼製で、試料交換口を除いてすべて無酸素銅ガ

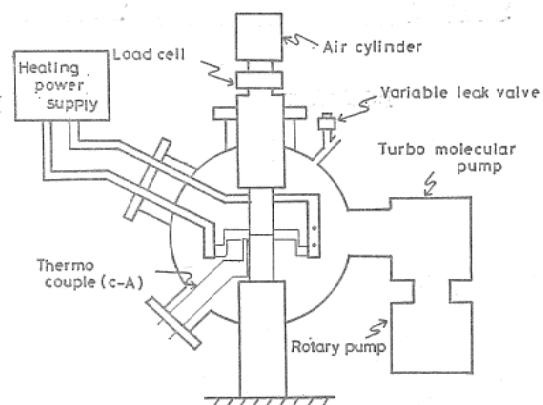


図1 拡散接合装置

ケットを用いている。本装置の試料加熱方法は電子線加熱を用いており、直径10mmの試片接合面の両側それぞれ5mmの範囲を最高800°Cに加熱することができる。加圧機構としてエヤシリンダーを用いており、加圧力はロードセルで検出する。排気系はターボ分子ポンプと油回転ポンプを用いている。ターボ分子ポンプでは周知のように質量の大きな気体分子に対する排気性能がよく、油拡散ポンプにみられる油分子の逆拡散がなく、いわゆるオイルフリーの真空が得られる。到達真空度は容器全体を150~200°Cでベーキングすると 6×10^{-9} Torrである。

接合実験は 1×10^{-8} Torrで行なっている。比較のため、それ以下の真空度とするときはバリアブルリークバルブによりガスを導入し、調整している。

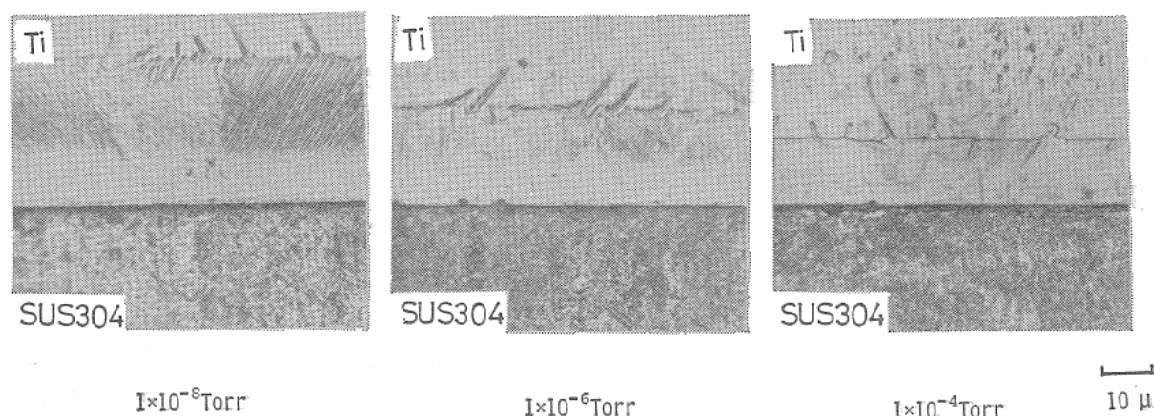
3. チタニウムとステンレス鋼の接合

耐食あるいは耐熱性にすぐれ、工業材料として重要なチタニウム（工業用純Ti）とステンレス鋼（SUS 304）との異材接合について得た結果を以下に述べる。

両材料を融接するとTiFe₂、TiFe、Ti₂Fe、TiCr₂などの金属間化合物ができ、それらが脆

*丸尾大 (Hiroshi MARUO), 大阪大学, 工学部, 溶接工学科, 教授, 工学博士

**平田好則 (Yoshinori HIRATA), 大阪大学, 工学部, 溶接工学科, 助手

図2 接合部断面写真（接合条件：600°C，15分，1 kg/mm²）

い化合物であるため割れが発生し，接合は不可能であるとされる。

拡散接合によっても接合温度を高くすると，拡散領域が拡大しすぎ接合部に延性の乏しい化合物層が多量に形成されるので好ましくない。従って接合界面全面にわたって最小限の合金層を作り，しかもボイド（未接合部）のない接合が望まれる。そのためには低温度にして拡散をおさえなければならない。しかも金属原子の相互拡散を阻害する接合表面の吸着ガス，酸化物などを除去し，清浄な表面を作っておく必要がある。これらの金属は比較的酸化しやすく，特にチタニウムは酸素の溶解度も大きいので， $10^{-4} \sim 10^{-8}$ Torr の真空にしても残留酸素分圧によって酸素の固溶が進行する。

真空度を 1×10^{-8} Torr まで高めると 10^{-4} Torr の時よりも50～100°C低温度でも十分拡散が進行することが分った。また接合後の試料外観にも明らかな差が認められ， 1×10^{-8} Torr では試料表面は金属光沢を呈している。

図2はそれぞれ 10^{-4} ， 10^{-6} ， 10^{-8} Torr の真空中において同一条件で接合された試験片の接合部断面写真である。写真から真空度が高くなるとともに接合部に形成される合金層巾が大きくなっており，拡散が容易に行なわれているこ

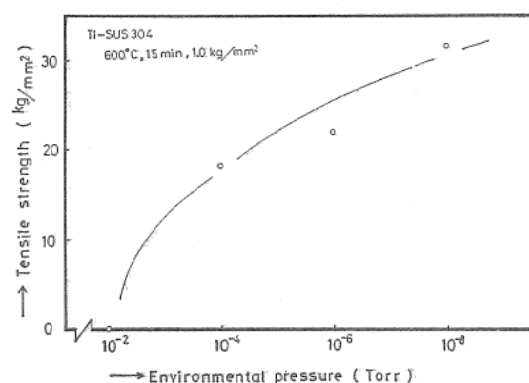


図3 真空度と継手強度の関係

とが分る。さらに接合部の品質を評価するため，継手の引張試験を行なうと図3に示すように真空度が高くなるとともに継手強度が上昇する。

高真空にすると予想以上に拡散が容易に進行するのであるが，最大の因子は酸化皮膜の厚みとその分布と思われる。また粗さなどの表面形状も接合過程に大きく関与していることも明らかになってきた。

10^{-8} Torr は数年前には実験室規模に止まっていたが現在では工業的に適用可能とされる段階に達しているので，急速に高真空拡散接合法が進展するものと期待している。