

## 422 ジルカロイ-2 とステンレス鋼の拡散溶接

川崎重工(株)技術研究所

寺井精英 松田昭三

山田 猛 森 英介

○ 岩上敏男

## 1. 緒 言

ジルカロイ-2 ( $Zr-1.5\%Sn-0.13\%Fe-0.09\%Cr-0.05\%Ni$ ) は優れた耐食性があり、熱中性子を吸収しにくいので現在原子炉用材料等に使用されている。このジルカロイ-2 と SUS304 ステンレス鋼は原子炉においてその異材継手が要求されることが多いが、その場合  $Zr-(Fe, Cr, Ni)$  の複雑な金属間化合物が生成される為に融接は困難であるとされており、インサート材なしに直接接合した場合融接では溶接後直ちに溶接部で破断を起こす。

その為本研究では固相接合である拡散溶接をとりあげ ジルカロイ-2 と SUS304 ステンレス鋼の接合性について検討した。

## 2. 実験方法

本研究に用いた溶接装置は最高到達温度 1700℃ のタングステンヒーターによる抵抗輻射加熱型で油圧シリンダーによる加圧装置より構成されている。

用いた試片形状はジルカロイ-2、SUS304 ステンレス鋼とも各々  $18\text{mm} \times 10\text{mm} \times 10\text{mm}$  である。表面仕上げは全てバフ研磨を行ない溶接前にアセトンで脱脂後突合せ状態で溶接装置に設置している。溶接は真空中 ( $10^{-4}$  torr) で試片を加熱後加圧し溶接終了後炉冷して行なった。

溶接因子として溶接温度、圧力、時間、インサート材を選びこれら因子を種々変化させることにより溶接条件とその場合の継手強度の関係を求めた。なおインサート材としては、接合表面の密着性の改良、金属間化合物の形成が予想されるのでこれを防止するという目的で  $Ag\ 2\mu$  箔を選び直接接合との比較を行なった。

## 3. 実験結果

図1に拡散溶接温度と引張強度及び変形率の関係を示す。引張試験は接合部を中心にして直径 5mm、平行部長さ 10mm の丸棒試験片で行ないまた変形率はジルカロイ-2 の長さ変化  $(\frac{l-l'}{l} \times 100\%)$  ; ここで  $l$  は溶接前、 $l'$  は溶接後の長さ) で示している。図1よりわかるように圧力  $0.5\text{kg/mm}^2$ 、時間 20 分の条件では、溶接温度 1000℃ の場合にのみ  $Ag\ 2\mu$

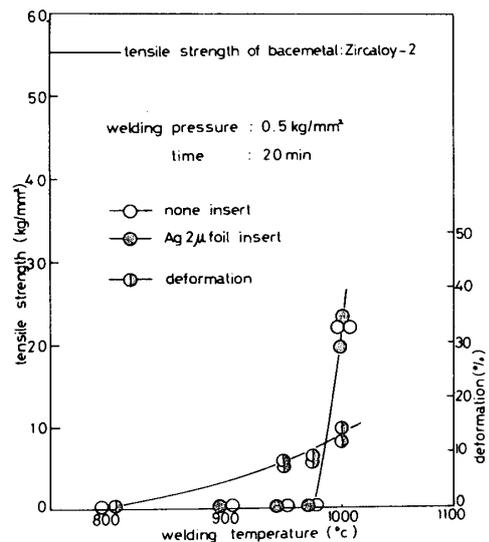


図1 溶接温度と引張強度の関係

箔インサート材の有無に関わらず約  $1.9 \sim 2.3 \text{ kg/mm}^2$  程度の引張強度が得られるが、それ以下の温度では落下破断または引張試験片の機械加工中に破断を起こしてしまい Ti-Fe の異材継手などに比べ溶接可能な温度範囲は非常に狭い。

なお溶接温度  $1050^\circ\text{C}$  ではジルカローイ 2 の溶融が始まり引張試験片の採取が不可能となった。

図 2 は溶接温度  $1000^\circ\text{C}$ 、圧力  $0.5 \text{ kg/mm}^2$ 、時間 20 分で直接接合及び Ag インサート材を用いて溶接した場合の溶接部マイクロ組織である。溶接温度  $1000^\circ\text{C}$  ではインサート材の有無に関わらず溶接部に約  $25\mu$  幅の層が認められる。

図 3 は同試料について溶接部の硬度分布を測定した結果である。図 2 のマイクロ組織で観察された層は母材と比べかなり硬化しているのがわかる。特に直接接合の場合には、ビッカース硬度約 750 を示している。

図 4、図 5 は同試料について Zr、Fe、Cr、Ni の拡散状態を、E、P、M、A 分析により調べた結果である。この図によるとマイクロ組織で見られた層は、ジルコニウムと SUS304 ステンレス鋼の各種成分から成る複雑な金属間化合物を生成していると考えられる。即ちこの異材継手の引張強度を上げるには金属間化合物の形成を阻止するインサート材の発見が必要であり、Ag  $2\mu$  では大幅な接合性の改良は困難であった。

この他溶接時間、加圧力を変化させた場合の引張強度との関係については講演で発表する。

welding condition  
( $1000^\circ\text{C}$ ,  $0.5 \text{ kg/mm}^2$ , 20 min)

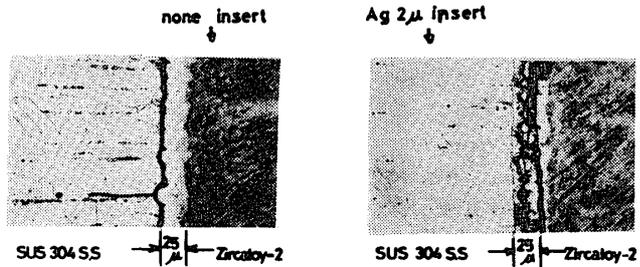


図 2. 拡散溶接部のマイクロ組織

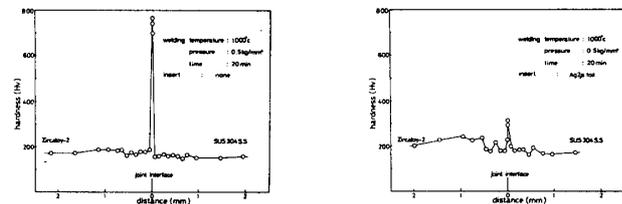


図 3. 拡散溶接部の硬度分布

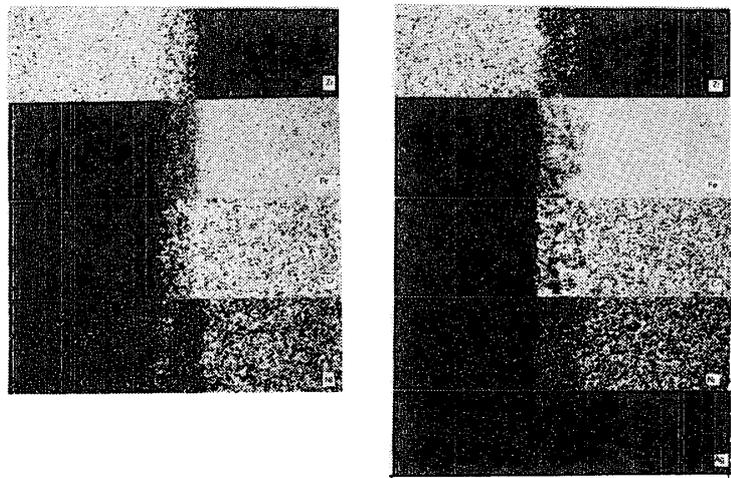


図 4. 拡散溶接部の面分析結果

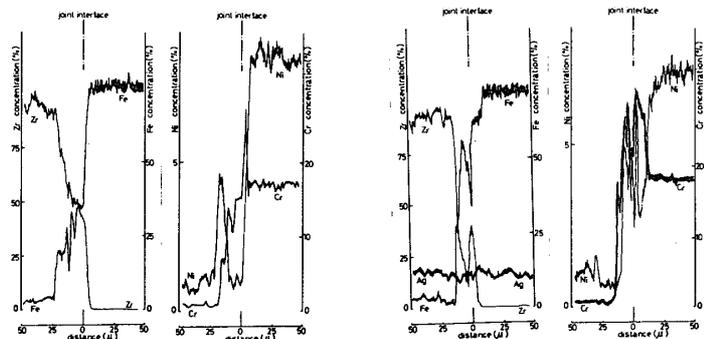


図 5. 拡散溶接部の線分析結果