

## チタンと黒鉛の固相接合

齊藤 修・古谷国夫・日原政彦

## Solid State Bonding of Graphite to Ti

Osamu SAITOH, Kunio FURUYA and Masahiko HIHARA

## 要 約

等方性黒鉛材とチタンを真空高温下で固相接合を行い、接合強度と接合条件の関係について検討した。その結果適当な接合条件下では、黒鉛素材の引張強度と同等の接合強度が得られることが判った。また、接合界面をSEM, EPMA, X線回折装置を用いて解析した結果、これらの接合界面にはチタンカーバイドの生成が認められた。

## 1. はじめに

高融点で熱衝撃性、熱伝導性及び耐食性などの優れた特性を有する黒鉛は、近年各工業分野において広く用いられており、このため黒鉛と金属及び黒鉛同志の接合の必要性が高まっている。これらの接合には、機械的接合法の他、アーク溶接<sup>1)</sup>、拡散接合<sup>2)</sup>及び各種のろう接法<sup>3)</sup>などの接合が試みられているが、現在のところろう接法以外の接合方法では、強固な接合は得られないと考えられている。<sup>4)</sup>一昨年チタンの固相接合研究を実施するなかで、チタンと黒鉛が固相接合する現象を見いだした。そこで、その再現性及び接合条件と接合強度の関連について検討してきた。その結果、適当な接合条件下では、強固に再現性良く接合することが判ったのでその内容を報告する。

## 2. 実験方法

接合素材は、市販のチタンと(株)エスイーシー社製の等方性黒鉛材(Mg-Y)の直径25mmの丸棒を用いた。これらの化学成分及び材料特性を表1、表2に示す。これらの材料をチタンは20mm、黒鉛は15mmの長さに切断し、接合面をエメリー紙で1000番まで研磨した後、アセトン中で脱脂洗浄を行い、図1に示すように3層に積層して接合試料とした。接合にはホットプレスを用い、 $1 \times 10^{-2}$  Pa以上の真空中で1.96MPaの接合加圧力を加え、所定の温度、時間で接合処理を行った(図2)。

接合した試料は引張試験片(直径21mm)に加工し、図3に示す引張試験方法で室温における接合

表1 Tiの化学成分及び特性

化学成分 (Wt %)						機械的性質		
C	H	O	N	Fe	Ti	引張強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)
0.005	0.012	0.122	0.004	0.073	BAL	470.4	28.0	54.0

表2 黒鉛の諸特性

曲げ強度 (MPa)	かさ比重 (g/cm <sup>3</sup> )	熱伝導率 (kcal/mh°C)	熱膨張係数 ( $\times 10^{-7}$ )	比抵抗 ( $\mu\Omega\text{cm}$ )	ショア硬さ	灰分 (%)
49.0	1.76	120	50	1000	45	0.1

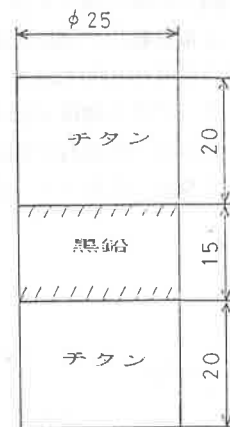


図1 接合試料の形状

部の引張強度を測定した。また、SEM, EPMA, X線回折法により接合界面の状態を調査した。

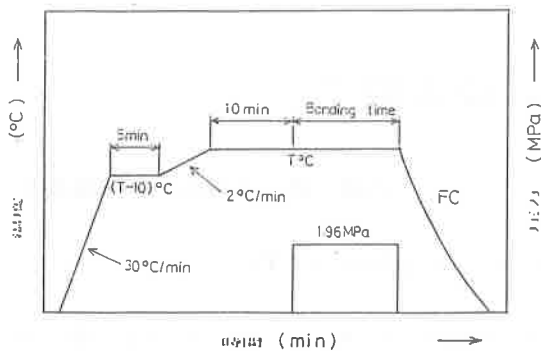


図2 接合プロセス

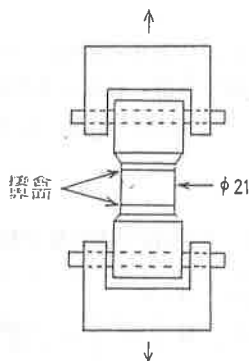


図3 引張試験方法及び試験片形状

### 3. 実験結果及び考察

図4はチタンと黒鉛の接合試料の引張試験結果である。接合時間によっても多少異なるが、チタンと黒鉛は接合温度900°C付近より接合可能となり、920~1000°Cの接合温度範囲では、黒鉛素材の引張強度と同等の接合強度が得られた。これらの領域では、引張試験片の破断位置は主に黒鉛部であった。接合温度が1000°C以上になると、接合温度の上昇に伴って接合強度は徐々に低下する傾向を示した。図5は、接合時の加圧方向のチタン素材部の変形率を接合時間5分の試料について示

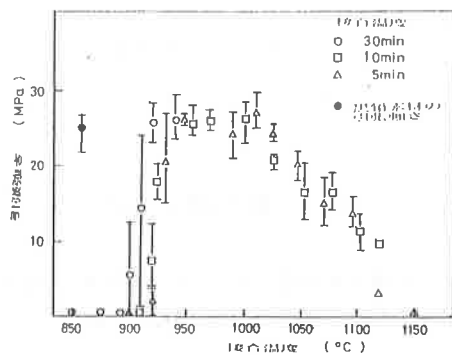


図4 引張試験結果

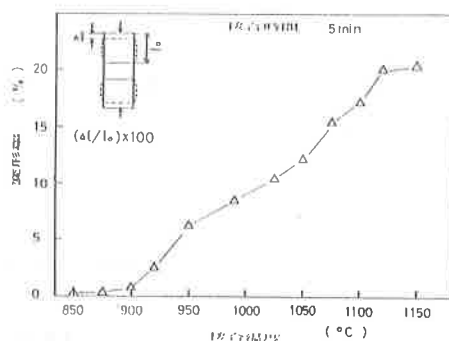


図5 接合温度と接合時の変形率

したものである。接合しない900°C以下の温度範囲では、接合時チタンはほとんど変形を示さないが、920°C以上では接合温度の上昇に伴ってほぼ直線的に変形率は増加した。

固相接合が可能となるためには、接合界面の密着化が進行することが前提となる。900°C以下の接合温度範囲ではチタンはほとんど変形を示さず、このためチタンと黒鉛の接合界面の密着化が進行しないため接合に至らないものと考えられる。

一方、1000°C以上での接合強度の低下は、接合温度の上昇に伴うチタンと黒鉛との熱膨張差に起因して発生する熱応力の増加、及び反応相厚さの増加による接合部の靱性の低下等が原因と考えられる。

図6、図7は接合部断面のSEM像及びEPMA線分析結果である。チタンと黒鉛の境界部には、

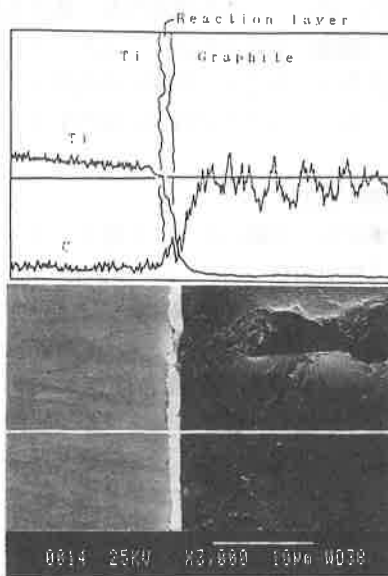


図6 接合断面の走査電顕像及びEPMA線分析結果(900°C×30min)

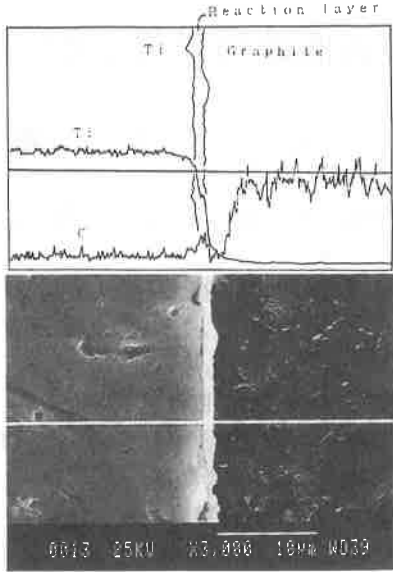


図7 接合断面の走査電顕像及び EPMA線分析結果(1000°C×10min)

白色の反応相の生成が認められる。反応相を横断するように、Ti, Cの線分析を行うと反応相内部には、Ti, Cの双方が存在していることが認められた。このことから、接合界面を横切って原子の移動(拡散)が起こっているものと推察される。生成された反応相を同定するため、X線回折装置により定性分析をおこなった。図8はその結果である。両試料とも、TiCの回折ピークが認められた。

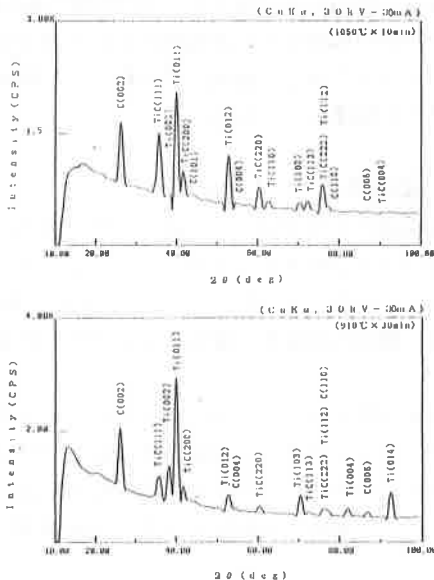


図8 接合界面のX線回折ピーク

以上のことから、チタンと黒鉛は接合界面で原子拡散を起こし、チタンカーバイドを含有する反応相を形成して接合しているものと考えられる。

#### 4. おわりに

チタンと黒鉛を真空高温下で固相接合し、接合条件と接合強度の関連について検討し以下の結論を得た。

- (1) チタンと黒鉛は真空高温下で固相接合が可能であり、室温で25MPa程度の接合強度が得られる。
- (2) チタンと黒鉛の固相接合界面には、チタンカーバイド (TiC) が生成される。

#### 文 献

- 1) N. L. Kareta : Automatic Welding Vol.20 No.1 (1967) 56~
- 2) " 61~
- 3) 大村博彦他 : 溶接学会論文集 Vol.8 No.4 (1990) 9~14
- 4) 吉田 亨他 : グラファイトの接合 日本金属学会 金属セラミック接合研究会資料 (1988)