

## 局所加熱による接合界面の制御

素材開発部 ○瀬知啓久

### 1. はじめに

材料の接合界面では、界面の状態が接合部の機械的特性に大きく影響する。特に接合界面に熔融金属が介在する場合、熔融金属と基材との濡れ性の良否が大きな要因となる。そこで本研究では、接合に有効な手法の一つである局所加熱技術におけるろう材の挙動を明らかにするために、接合界面付近の温度分布や加熱状況の評価について研究を行った。

### 2. 実験方法

供試材料には、超硬合金としてISO使用分類K10相当材(93~95mass%WC-4.0~5.0mass%Co)を、窒化ホウ素として高純度h-BN(相対密度 82.5%, 純度99mass%以上, 5.0×5.0×3.5mm)を使用した。ろう材は、活性金属ろう材(71.07mass%Ag-27.68mass%Cu-1.25mass%Ti)を用いた。ベース材と窒化ホウ素の間にろう材を挟み、Ar雰囲気中で表1の条件でろう付を行い、試料を作製した。

加熱中の温度を測定するため、超硬合金基板裏面の温度を熱電対により測定し、窒化ホウ素の温度は、放射温度計により測定した。試料作製の模式図を図1に示す。作製した試料の断面について、超音波顕微鏡を用いた接合界面の密着性評価、せん断強度測定を行った。

表1 ろう付条件

Pulsed YAG Output (kW)	0 ~ 1.7
CW LD Output (kW)	0.02 ~ 0.1
Pulse frequency (Hz)	100
Scanning speed (mm/s)	0.1 ~ 1.6

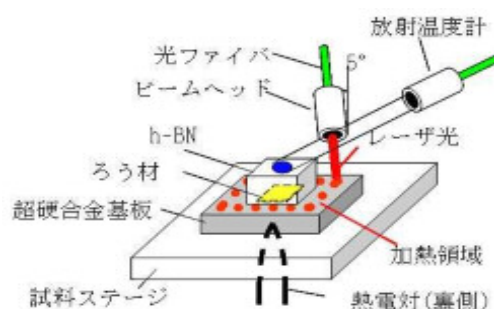


図1 試料作製の模式図

### 3. 結果

超硬合金基板裏面の温度プロファイルを図2に示す。レーザー光による局所加熱を用いることにより、数十秒程度のごく短時間で試料を加熱でき、レーザー光の出力を制御することで、最高温度を制御出来ることが分かる。超硬合金基板裏面の温度が約600℃以上の場合、ろう材が熔融するとともに、良好な接合が得られた。ろう材熔融温度は約800℃であり<sup>1)</sup>、基板の加熱面と裏面の温度差は約200℃前後と考えられていることから、ろう材熔融温度以上の加熱が可能であることと熱電対による裏面の温度測定が良好に行われていることが明らかとなった。

図3に熱電対による超硬合金基板裏面の測定温度と放射温度計によるh-BN上面の測定温度の相関を示す。超硬合金基板裏面の測定温度に対し、h-BN上面の測定温度は約100℃程度高い値であり、正の相関を示した。超硬合金基板を局所加熱することで、h-BNにも熱が伝わり、ろう材が熔融し、良好なろう付が得られることが分かった。

金属とセラミックスの異種材料ろう付においては、通常のろう材を用いた場合、セラミックスとろ

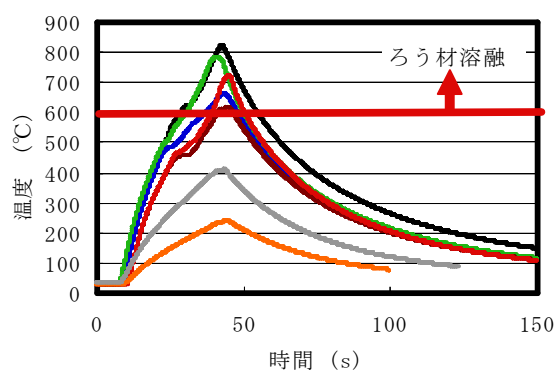


図2 超硬合金裏面の温度プロファイル

う材の濡れ性が悪く、良好なろう付ができない。そこで、ろう材にTiなどの活性材を添加し、セラミックス表面を改質する必要がある。今回のように短時間加熱が特徴である局所加熱でも、ろう材中のTiによりh-BNの改質<sup>1)</sup>が可能であり、h-BN / ろう材界面に生成するTi層はTiNを主成分とする反応相であると推察される<sup>2), 3)</sup>。また、h-BN上面が、超硬合金裏面の温度よりも高い値を示している原因としては、熱伝導率の差 (h-BN:25-40W/m・K, 超硬合金:80W/m・K) による放熱の違いが考えられる。

図4にそれぞれ試料の外観及び界面の超音波顕微鏡像を示す。a)の中央正方形の白色部分はh-BN、その周辺の金属光沢部分は超硬合金基板である。また、b)の中央部黒色の領域が接合界面で溶解したろう材である。内部に大きな空隙が見られないことから、h-BNとWC-Coに挟まれたろう材の密着性が良好なことが分かる。このような超音波顕微鏡観察を行って接合面積を算出した後、試料のせん断試験を行った。破断は、いずれの試料でもろう付部近傍のh-BN側より生じていた。図5に、接合部のせん断強度と累積破壊確率を算出した結果を示す。平均せん断強度は式(1)に示すワイブル分布関数を用いて算出した。

$$\ln \ln(1-F)^{-1} = m \ln \sigma - m \ln \sigma_0 \quad (1)$$

ここで F は累積破壊確率、 m はワイブル係数、 $\sigma_0$ は尺度パラメータである。

得られた平均せん断強度は、6.5MPaであった。

#### 4. おわりに

局所加熱技術を用いたh-BNとWC-Co合金の異種材料接合を行い、接合界面の評価並びにせん断強度試験を行った。その結果、局所加熱による超硬合金基板ろう材溶解温度以上の加熱が可能であることや、熱電対と放射温度計による測温の間は、正の相関を示すことが分かった。また、ワイブル分布関数を用いて得られた平均せん断強度は6.5MPaであり、破断した部位はろう付部近傍のh-BN側であった。

なお、実験に用いた放射温度計は、競輪の補助金(日本自転車振興会からの交付)により平成18年度に導入した。また本研究は、大阪大学接合科学研究所の共同研究員制度を利用して行った。

#### 参考文献

- 1) Y. Sechi, et. al., Smart Processing Technology, Vol. 2 (2008) 27-30
- 2) M. G. Nicholas, et. al., J. Mater. Sci., 25 (1990) 2679-2689
- 3) S. D. Peteves, Ceramics International, 22(1996) 527-533

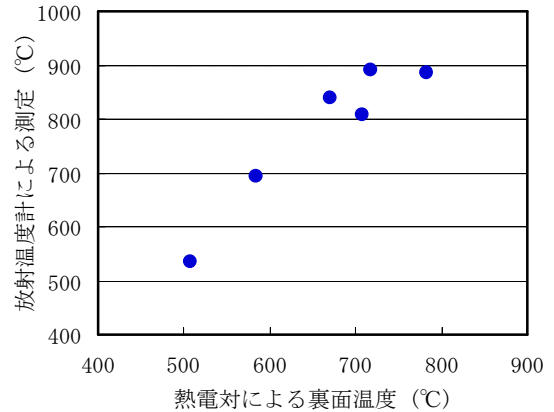


図3 超硬合金基板裏面とh-BN上面の測定温度の相関(基板裏面:熱電対, h-BN上面:放射温度計)

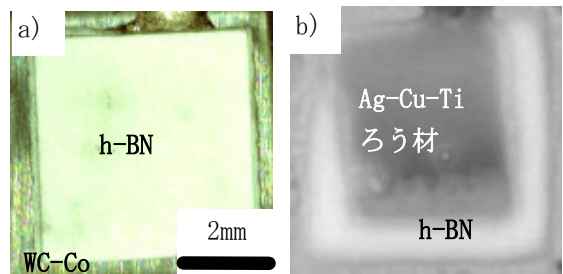


図4 a) 試料外観 b) 超音波顕微鏡による界面観察結果

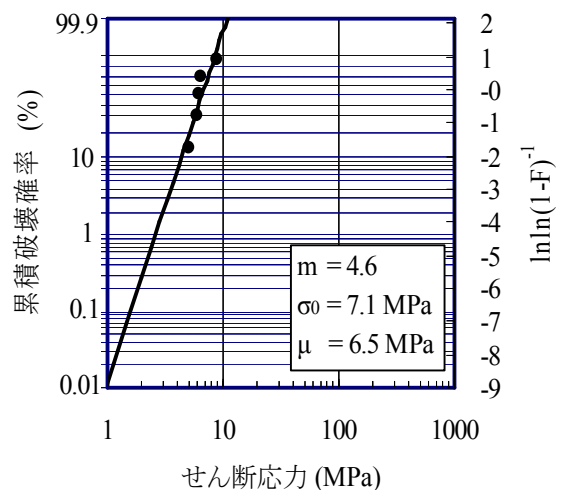


図5 接合部のせん断強度と累積破壊確率