

## 鉄系材料の液相拡散接合に関する調査研究

林 一哉\*, 伊藤雅章\*, 西村正彦\*

Scientific Research on Liquid phase Diffusion Bonding of the Ferrous Material

Kazuya HAYASHI, Masaaki ITO and Masahiko NISHIMURA

## 1. はじめに

自動車には燃費改善や部品の製造コストの低減などが求められ、非金属材料の利用も増えている。しかし、それらでは対応できない部品では、ニアネットシェイプの部品を安価に製造できる鋳鉄は有用であるが、要求される特性によっては、他の金属材料との接合が必要とされる。鋳鉄は溶接等の熔融接合法では、溶接割れや熱影響部の硬化といった問題があるが、これらを接合することが可能となれば、鋳鍛造や切削では作り難かった形状の大型部品や複雑形状部品も容易に作り出すことができ、産業界のニーズも大きいはずである。

そこで、本研究では、発電用タービン部品で高温耐熱材の接合などに用いられている液相拡散接合を鉄系材料の接合(特に鉄鋼と鋳鉄)に適用することで、従来熔融接合に不向きとされる材料の接合方法の確立を目指すものである。

## 2. 実験方法

## 2.1 供試材

供試材には、機械構造用炭素鋼(以下 S45C と記す)、ねずみ鋳鉄(以下 FC200 と記す)、球状黒鉛鋳鉄(以下 FCD500 と記す)を用い、接合面間に挿入するインサート材として Ni 系アモルファスシート(厚さ 25 $\mu$ m)を用いた。その化学組成を表 1 に示す。また、S45C、FC200、FCD500 の形状は、それぞれ  $\phi$  30 $\times$ 50mm、 $\phi$  28 $\times$ 50mm、 $\phi$  22 $\times$ 50mm であった。

インサート材の融点は 1144 $^{\circ}$ C であり、推奨接合温度は 1170 $^{\circ}$ C である。

\* 電子・機械研究課

表 1 インサート材化学組成

	Ni	Si	Cr	B
インサート材	残り	7.3	19.0	1.5

## 2.2 接合実験

## 2.2.1 被接合材

S45C 及び FC200, FCD500 の接合面の面粗さは、機械加工でおよそ Ra : 6 $\mu$ m とした。接合に際しては、接合面及びインサート材をアセトンにて脱脂した。

## 2.2.2 接合実験

FC200 または FCD500/S45C との液相拡散接合の予備実験として、真空炉を用い 1170 $^{\circ}$ C、5 分の条件にて同材及び異材を接合し、接合部の組織観察及び硬度分布測定を実施した。

また、接合強度を評価するために、接合後図 1 に示す形状・寸法に機械加工し、室温にて引張試験を実施した。

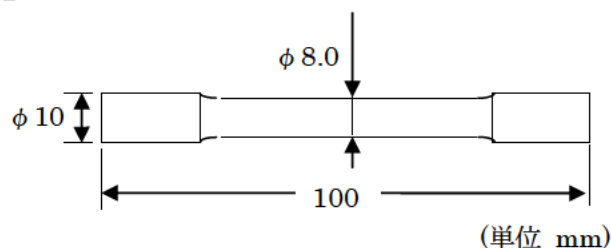


図 1 引張試験片形状

## 2.3 結果及び考察

## 2.3.1 同種材の接合

予備実験として行った、S45C、FC200、FCD500 の同材での接合界面の状態を図 2 に、硬度分布測定の結果を図 3 に示す。

S45C においては、本接合温度においても接合界

面近傍にて組織的な変化は見られないが、FC200, FCD500 においては、接合層領域の広がりが見られる。特に FC200 においては母材の溶融温度との問題

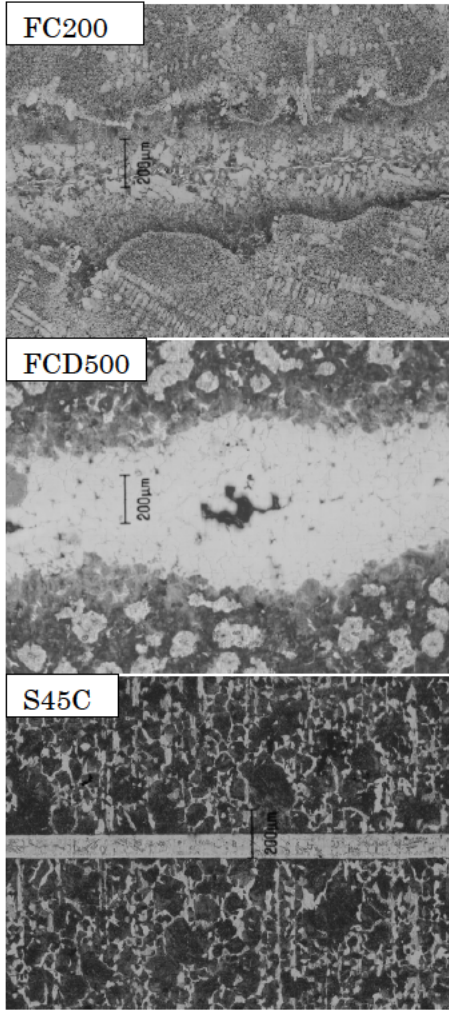


図 2 接合界面組織

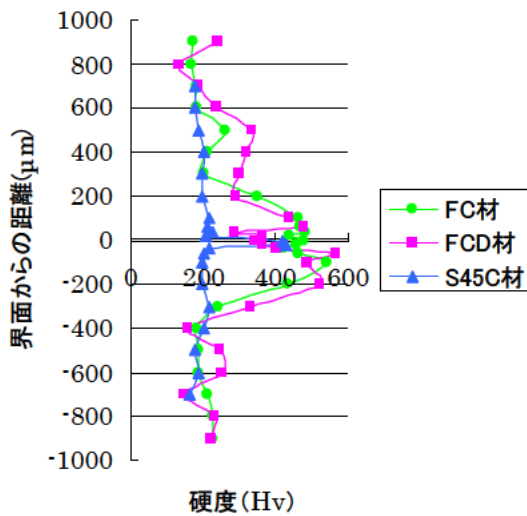


図 3 界面からの硬度分布測定結果

も考えられるが、接合界面にボイド等の欠陥はなく、概ね良好な接合であるといえる。

図 3 の接合界面からの距離と硬度測定分布の結果も、図 2 の接合層領域の広がりに対応していることがわかる。

### 2. 3. 2 異種材の接合

同種材の接合条件と同様の条件にて、異種材の接合を行ったので、その組織を図 4 に示す。

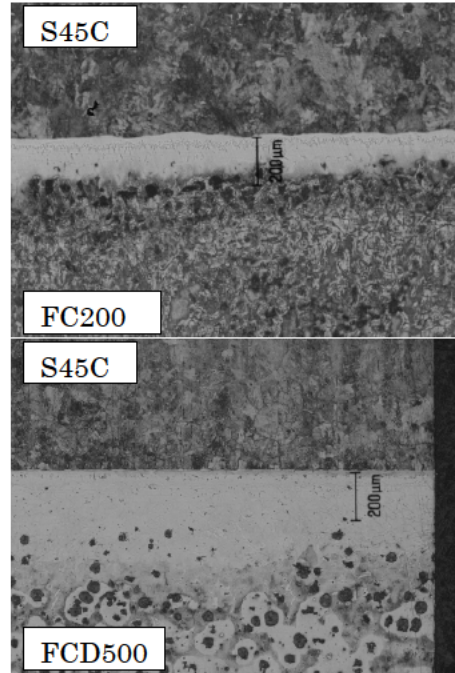


図 4 異材接合組織

同種材の接合と同様にボイド等の欠陥のない界面が得られたことがわかる。また、S45C 材の組織を同種材の接合と比較すると、フェライト、パーライトの混合組織であるものが、共析鋼の標準組織に見られるほぼパーライト単相となっていた。これは、FC200, FCD500 に含まれるカーボンが拡散したと考える。

図 5 に、異種材接合継ぎ手の接合強度を示す。

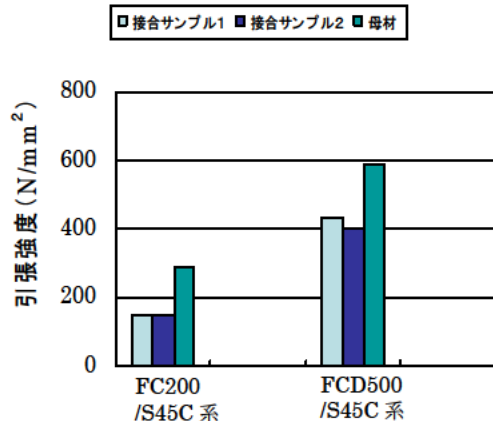


図 5 接合強度

FC200/S45C の接合継ぎ手においては、FC200 母材にて破断し、その強度は、 $150\text{N/mm}^2$  程度であった。母材での破断であることから接合継ぎ手としては、良好であったと考えるが、接合前の母材 (FC200) 強度 ( $287\text{N/mm}^2$ ) と比較するとその継ぎ手効率は、52%程度であった。

また FCD500/S45C の接合継ぎ手においては、接合界面の FCD500 側にて破断し、その強度は  $415\text{N/mm}^2$  程度であった。接合前の母材 (FCD500) 強度 ( $584\text{N/mm}^2$ ) と比較するとその継ぎ手効率は、71%程度であった。継ぎ手効率は、FCD500/S45C の接合継ぎ手の方が良いが、接合界面近傍にて破断したことから、化合物層の形成が懸念されるので、破断部断面において SEM/EDX による分析を行った。その結果を図 6 に示す。

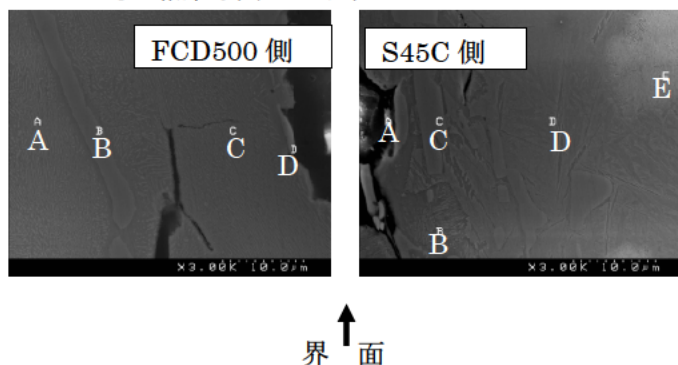


図 6 断面 SEM 画像

図 6 の SEM 画像の各ポイントを元素分析すると主たるピークとして Fe, C が検出される他、Ni 系

アモルファスシートに由来する Ni, Cr, Si が若干検出されるが、S45C 側の “A”, “C” と FCD500 側の “D” のポイントにおいては、Fe, C の他は、Cr が検出されるのみであったが、いずれにせよ FCD500 側の界面においては、化合物層が形成された可能性があるかと推察する。

#### 4. まとめ

今回の測定結果から、以下のことが確認できた。

- (1) Ni 系アモルファスシートをインサート材に使用した FC200 または FCD500/S45C の接合に関しては、界面にポイド等の欠陥のない良好な継ぎ手が得られた。
- (2) FC200/S45C の接合継ぎ手においては、母材破断はしたが、その継ぎ手効率は 52%程度であった。この原因としては、真空炉にて接合しているため母材全体への熱影響があったと考える。今後は、部分加熱等の手法を検討したい。
- (3) FCD500/S45C の接合継ぎ手においては、継ぎ手効率は 71%程度と FC200 に比べ良好ではあったが、FCD500 側の界面にて破断しており、SEM/EDX の分析結果から化合物層の形成も懸念される。今後は、X 線回折により化合物層の存在を明らかにしたい。
- (4) 今回使用した Ni 系アモルファスシートは、JIS 規格の BNi-5 相当であったが、その融点は鋳鉄の融点に近く強度低下や化合物形成に影響があったと考える。今後は、融点の低い BNi-6, BNi-3 等の使用を検討したい。