

K1-1

球状黒鉛鋳鉄のインサート型電子ビーム溶接における溶接継手の諸特性
Some Properties of Welded Joints in Insert-type Electron Beam Welding of Spheroidal Graphite Cast Iron

○藤田秀平¹, 川村法久², 沢田卓², 柴田文男³

*Shuheji Fujita¹, Norihisa Kawamura², Suguru Sawada² and Fumio Shibata³

Abstract: Electron beam welding was applied to I-type butt welding of FCD400 spheroidal graphite cast iron without preheating, using NCF600 as insert metal. The results obtained in this experimental investigation are summarized as follows,(1)The tensile strengths of the welded joints were 417~432MPa.(2)The average joint efficiencies of the spheroidal graphite cast iron to its base metal (441MPa) were 95%~98%.(3)The impact values of the welded joints was hitting the center of the weld were 3.37~4.84J/cm². The impact values of the welded joints was hitting the position of 1.5mm from the bond zone were 7.86~8.50J/cm².

1. 緒言

球状黒鉛鋳鉄は、鋼に匹敵する優れた機械的性質を有しており、現在各種工業製品の主力材料として広く使用されている。しかし、球状黒鉛鋳鉄は高炭素含有のため、溶融凝固部に白銹化やマルテンサイトなどが生じ、健全な溶接部を得ることは極めて困難である。そこで、球状黒鉛鋳鉄を容易に溶接可能となれば、工業界に寄与できると考える^[1]。

本報告では、球状黒鉛鋳鉄の NCF600 インサート型電子ビーム溶接を行い、溶接部の組織観察、硬さ測定及び溶接継手の強度などについて若干検討した。

2. 供試材料及び実験方法

Table 1 に母材及びインサート材の化学成分と機械的性質を示す。母材には FCD400 球状黒鉛鋳鉄を使用した。インサート材には NCF600 耐食耐熱超合金板を使用した。Fig.1 に母材及びインサート材のマイクロ組織と硬さを示す。母材の寸法は、t6×100×105mm とし、インサート材の寸法は、t0.5×6×100mm である。母材の溶接前処理として、突合せ面をエメリー紙(#800)で研磨後、アセトン中で超音波洗浄を行った。溶接装置は、60kW 級高電圧高真空型電子ビーム溶接機(全真空型)を使用した。

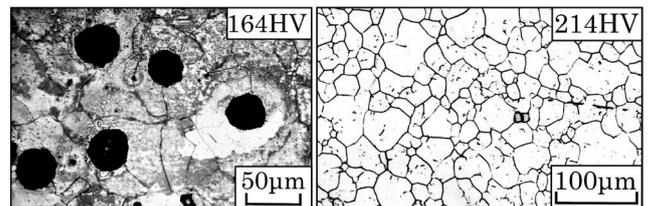
溶接条件は、真空度 1.0×10^{-2} Pa, 加速電圧 150kV, ab 値 0.97, ビーム電流 18mA, 溶接速度 600mm/min 及び溶接入熱 2700J/cm とし、インサート型電子ビーム溶接を行った。Fig.2 に継手形状を示す。

溶接終了後、溶接ビードの外観検査を行った。溶接部の組織は、ビード横断面を切断・研磨後、クロム酸水溶液による電解腐食を行い、母材部は3%硝酸アルコール溶液で腐食をし、光学顕微鏡で観察した。また、

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of base metal and insert metal.

| Materials | Chemical composition (mass%) | | | | | | | | | | Mechanical properties | |
|----------------------|------------------------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------------|-----------------------|--|
| | C | Si | Mn | P | S | Mg | C.E. | — | — | T.S. (MPa) | El. (%) | |
| Base metal FCD400 | 3.43 | 3.01 | 0.17 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 4.4 | — | — | 441 | 22 | |
| | 0.01 | 0.08 | 0.22 | 0.006 | 0.001 | 9.72 | 0.06 | 74.4 | 15.5 | 643 | 43 | |

Notes: 1)C.E.:Carbon equivalent
 2)T.S.:Tensile strength
 3)El.:Elongation



FCD400 (Base metal) NCF600(Insert metal)

Fig.1 Microstructure and Vickers hardness of base metal and insert metal.

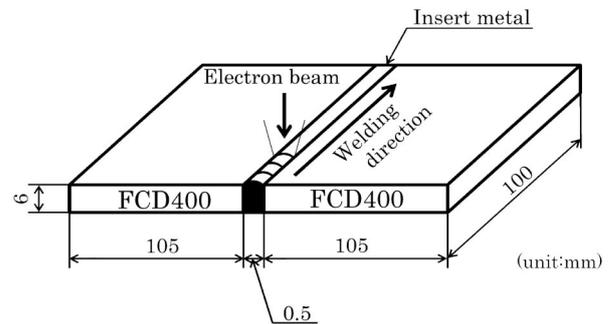


Fig.2 Joint configuration.

母材及び溶接継手の材料試験として、マイクロビッカース硬さ試験(硬さ記号:HV0.3), 引張試験(JIS5号)及びVノッチシャルピー衝撃試験(JIS4号サブサイズ)を行い、母材及び溶接継手の諸特性などについて調べた。

3. 実験結果

3.1 溶接部の性状

溶接ビードに割れやピットなどは認められなかった。

Fig.3 に溶接部のマイクロ組織を示す。溶融凝固部の組織はデンドライトの様相を呈していた。また、溶接熱影響部にマルテンサイトやレデブライトが認められた。

Fig.4 に溶接部の硬さ分布を示す。溶融凝固部の硬さは、平均でビード上部の場合 492HV(32 点), 中央部の場合 470HV(19 点), 下部の場合 517HV(22 点)であった。また、熱影響部最高硬さは、ビード上部の場合 678HV, 中央部の場合 725HV, 下部の場合 642HV であった。いずれも溶接前の母材(164HV)に比して著しく硬度が上昇した。

3.2 溶接継手の引張特性

Fig.5 に母材及び溶接継手の引張強さと継手効率を示す。溶接継手の引張強さは、417~432MPa で、その平均は 423MPa(5 本)を示した。この場合の母材の平均引張強さ 441MPa(3 本)に対する平均継手効率は 96%を示し、良好な継手性能が得られた。

3.3 溶接継手の衝撃特性

Fig.6 に母材及び溶接継手の衝撃値を示す。母材の平均衝撃値は、19.5J/cm²であった。一方、溶接継手の衝撃値は、打撃位置が溶融凝固部中央の場合、3.37~4.84J/cm²(2 本)を示し、その平均は 4.11 J/cm²であった。また、溶接ボンド部より 1.5mm の衝撃値は、7.86~8.50 J/cm²(2 本)を示し、その平均は 8.18 J/cm²であった。これは、溶接前の母材の平均衝撃値に比して著しく低かった。

4. 結言

(1) 溶融凝固部の組織は、デンドライトの様相を呈し、熱影響部にはマルテンサイトやレデブライトが認められた。

(2) 溶接継手の引張強さは、417~432MPa を示し、その平均継手効率は 95~98%の優れた値が得られた。

(3) 溶接継手の衝撃値は、打撃位置が溶融凝固部中央の場合、平均で 4.11 J/cm²を示し、溶接ボンド部より 1.5mm 離れた場合は、平均で 8.18 J/cm²を示した。

5. 参考文献

[1] 藤田秀平, 鈴木慎也, 柴田文男 他:「NCF600 インサート型電子ビーム溶接した球状黒鉛鋳鉄溶接継手の強度特性」, 鋳造工学第 161 回全国講演大会講演概要集, 2012.

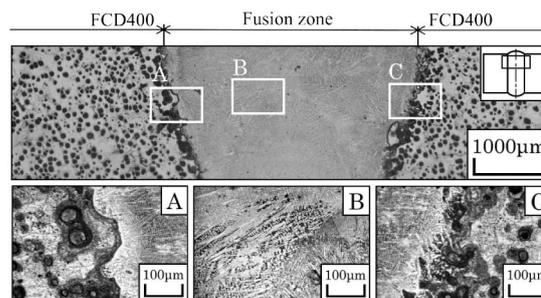


Fig.3 Microstructure of butt welds.

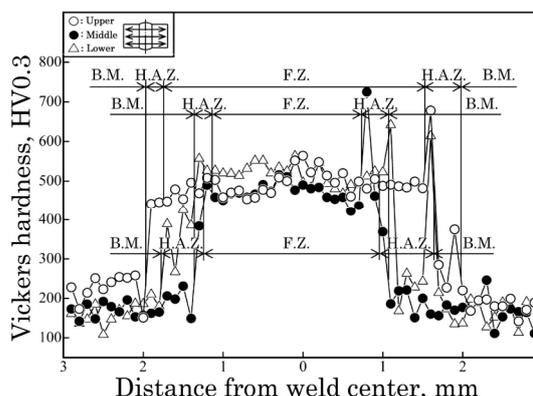


Fig.4 Vickers hardness distribution of welds.

Notes: 1) B.M.: Base metal
2) H.A.Z.: Heat affected zone
3) F.Z.: Fusion zone

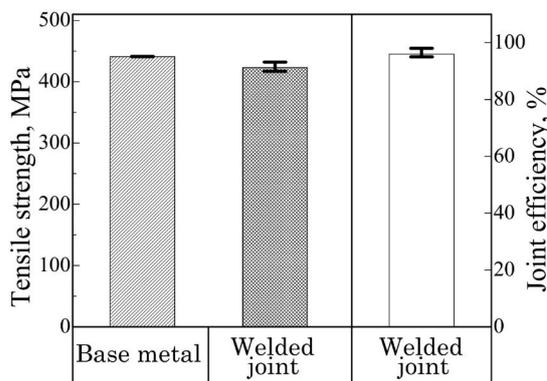


Fig.5 Tensile strength and joint efficiency of base metal and welded joints.

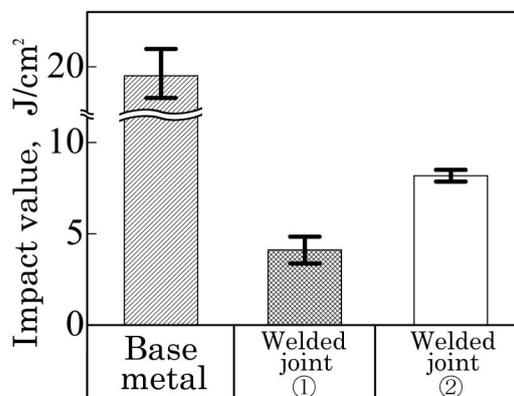


Fig.6 Impact value of base metal and welded joints.

Notes: 1) Testing temperature: 298K
2) ①: Impact position: center of fusion zone
3) ②: Impact position: 1.5mm distance from bond zone