

K1-25

球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼の電子ビーム溶接における強度特性  
Strength Characteristics in Electron Beam Welding of Spheroidal Graphite Cast Iron and Carbon Steel

○山中大輝<sup>1</sup>, 金子文平<sup>2</sup>, 柴田文男<sup>3</sup>

\*Daiki Yamanaka<sup>1</sup>, Bunpei Kaneko<sup>2</sup> and Fumio Shibata<sup>3</sup>

Abstract: Electron beam welding was applied to I-type butt welding of FCD400 spheroidal graphite cast iron and S35C carbon steel without preheating, using Pure Ni as insert metal. The results obtained in this experimental investigation are summarized as follows.(1)The tensile strengths of the welded joints were 404~426MPa.(2)The average joint efficiencies of the spheroidal graphite cast iron to its base metal (441MPa) were 92%~97%.(3)The Impact values of the welded joints were 2.33~8.18J/cm<sup>2</sup>.

1. 緒言

球状黒鉛鋳鉄は、優れた機械的性質を有しており、近年鋼の代替材料として自動車産業を始め、各種工業機械の主力材料として使用されている。しかし、球状黒鉛鋳鉄は多くの炭素を含むため、溶接時に白銹化などが生じ、健全な溶接部を得ることは極めて困難である<sup>[1]</sup>。そこで、本溶接法による球状黒鉛鋳鉄の構造溶接が可能になれば、工業界に広く寄与できるものと考えられる。

本報告では、球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼の突合せ溶接及び純Niインサート型電子ビーム溶接を行い、溶接ビードの外観、組織観察、硬さ測定、引張及び衝撃特性などについて検討した。

2. 供試材料及び実験方法

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。母材には、FCD400 球状黒鉛鋳鉄と S35C 機械構造用炭素鋼鋼材を使用した。インサート材には、純Niを使用した。母材の寸法は、t6×100×105mm とした。なお、溶融凝固部の Ni 量の影響を調べるため、インサート材の寸法は、t0.5, t1.0×6×100mm とした。母材の溶接前処理として、アセトン中で超音波洗浄を行った。

Fig.2 に電子ビーム溶接機の概略図を示す。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  $1.1 \times 10^{-2}$  Pa, ab 値 0.98, 溶接速度 600mm/min, 加速電圧 150kV, ビーム電流は突合せ溶接の場合は 18mA, インサート型溶接の場合は 20mA, 溶接入熱は突合せ溶接の場合は 2700J/cm, インサート型溶接は 3000J/cm とした。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、クロム酸水溶液による電解腐食を行い、光学顕微鏡で観察した。

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強度などについて調べた。

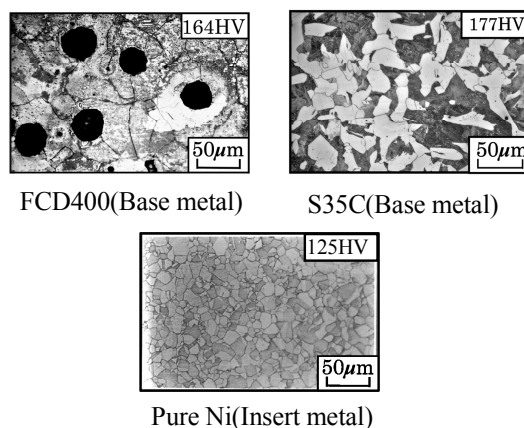


Fig.1 Microstructure and Vickers hardness of base metals and insert metal.

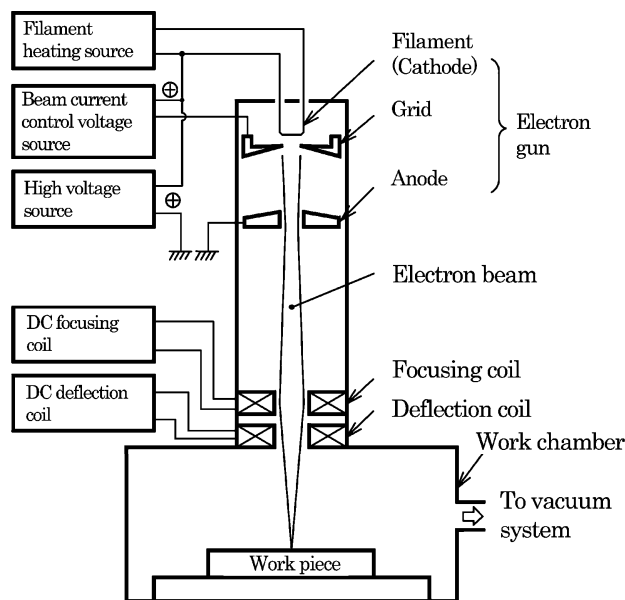


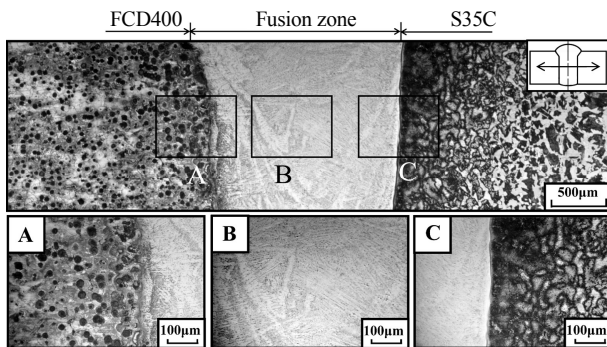
Fig.2 Schematic illustration of electron beam welding machine.

3. 実験結果

3.1 溶接部のビード外観及びマイクロ組織

溶接ビードの外観は、突合せ溶接の場合に若干スパッタが認められたが、純Niインサート型溶接ではイン

1 : 日大理工・学部・精機 2 : 日大理工・院・精機 3 : 日大理工・教員・精機



**Fig.3** Microstructure of pure Ni insert-type welds.  
Note: Insert metal thickness;1.0mm

サート厚のいかんにかかわらず表面及び裏波ビードとも良好であった。Fig.3 にインサート厚 1.0mm(以下 t1.0) の純 Ni インサート型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、FCD400 熱影響部に針状マルテンサイトやレデブライトが認められた。突合せ溶接及びインサート厚 0.5mm(以下 t0.5)のインサート型溶接においてもほぼ同様の組織が認められた。

### 3.2 溶接部の硬さ

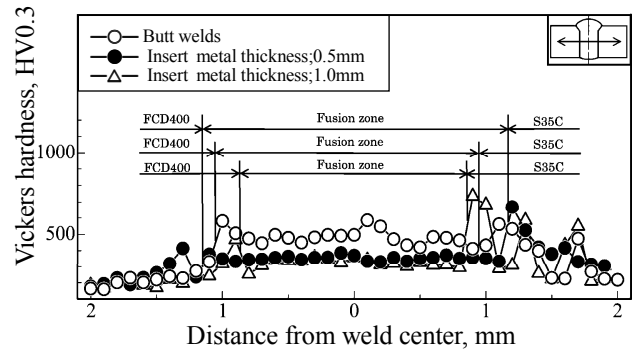
Fig.4 に溶接部の硬さ分布を示す。溶融凝固部の硬さは、突合せ溶接の場合は 411~586HV(22 点)を示し、その平均は 486HV であった。t0.5 の場合は 329~385HV(18 点)を示し、その平均は 353HV であった。t1.0 の場合は 253~359HV(17 点)を示し、その平均は 322HV であった。また、FCD400 熱影響部最高硬さは、突合せ溶接の場合は 330HV を示し、t0.5 の場合は 413HV を示し、t1.0 の場合は 467HV であった。

### 3.3 母材及び溶接継手の引張特性

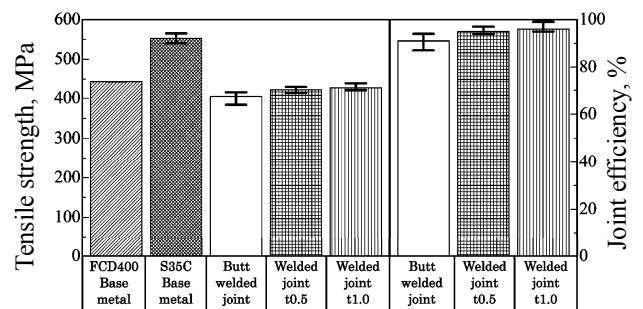
Fig.5 に母材及び溶接継手の引張強さと継手効率を示す。溶接継手の引張強さは、突合せ溶接の場合は 384~415MPa(3 本) を示し、その平均は 404MPa であった。t0.5 の場合は 413~428MPa(4 本)を示し、その平均は 421MPa であった。t1.0 の場合は 420~437MPa(3 本)を示し、その平均は 426MPa であった。この場合、溶接前の FCD400 母材の平均引張強さ(441MPa)に対する継手効率は、突合せ溶接の場合は平均で 92%を示し、t0.5 の場合は平均で 95%示し、t1.0 の場合は平均で 97%であった。

### 3.4 母材及び溶接継手の衝撃特性

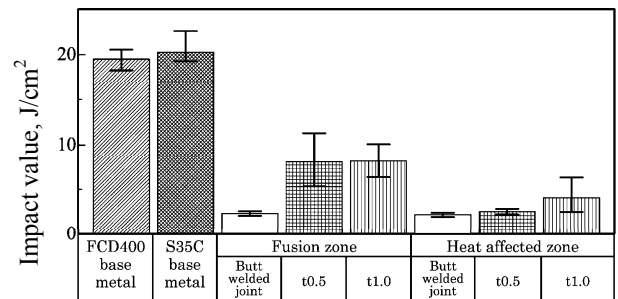
Fig.6 に母材及び溶接継手の衝撃値を示す。溶融凝固部中央の衝撃値は、突合せ溶接部の場合は 2.06~2.56J/cm<sup>2</sup>(3 本)を示し、その平均は 2.33J/cm<sup>2</sup>であった。t0.5 の場合は 5.24~11.3J/cm<sup>2</sup>(3 本)を示し、その平均は 8.08J/cm<sup>2</sup>であった。t1.0 の場合は 6.37~10.1J/cm<sup>2</sup>(3 本)を示し、その平均は 8.18J/cm<sup>2</sup>であった。いずれの継手においても FCD400 母材の衝撃値 19.5J/cm<sup>2</sup>(3 本)に比して著しく低下した。



**Fig.4** Vickers hardness distribution of welds.



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



**Fig.6** Impact value of base metals and welded joints.

Note: Testing temperature; 298K

## 4. 結言

- (1)溶接継手の平均引張強さは、突合せ溶接の場合は 404MPa, t0.5 の場合は 421MPa, t1.0 の場合は 426MPa であった。この場合の継手効率はそれぞれ 92%, 95% 及び 97%であり、良好な継手引張性能が得られた。
- (2)溶融凝固部の平均衝撃値は、突合せ溶接の場合は 2.33J/cm<sup>2</sup>, t0.5 の場合は 8.08J/cm<sup>2</sup>, t1.0 の場合は 8.18J/cm<sup>2</sup> であった。いずれの溶接継手においても FCD400 母材より著しく低かった。

## 5. 参考文献

- [1] 金子文平, 齋藤裕貴, 柴田文男, 高橋博正:「電子ビーム溶接による球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼との溶接性」第 62 期日本材料学会学術講演会講演論文集, pp389-390, 2013.