

K1-81

球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼のインサート型電子ビーム溶接における強度特性 Strength Properties in Insert-Type Electron Beam Welding of Spheroidal Graphite Cast Iron and Carbon Steel

○若林裕樹¹, 齋藤祐貴², 井出貴大¹, 柴田文男³*Yuki Wakabayashi¹, Yuki Saito², Takahiro Ide¹ and Fumio shibata³

Abstract: Electron beam welding was applied to I-type butt welding of FCD400 spheroidal graphite cast iron to S35C carbon steel without preheating, using SUS310S stainless steel as insert metal. The results obtained in this experimental investigation are summarized as follows.(1)The tensile strengths of the welded joints were 375~405MPa.(2)The average joint efficiencies of the spheroidal graphite cast iron to its base metal (441MPa) were 85%~92%.(3)The Impact values of the welded joints were 3.89~8.25J/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、今日自動車産業を始め、各種工業機械の主力材として広範囲にわたって使用されている。しかし、球状黒鉛鋳鉄は高炭素含有や黒鉛の存在によって溶接困難な材料の一つである^[1]。

本報告では、球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼のインサート型電子ビーム溶接を行った場合の、溶接部の組織観察、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

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。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 炭素鋼を使用した。インサート材には、SUS310S オーステナイト系ステンレス鋼を使用した。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 及び t1.0×6×100mm の 2 種類とした。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、インサート厚 0.5mm の場合は、真空度 1.1×10^{-2} Pa, 加速電圧 150kV, ab 値 0.98, ビーム電流 18mA, 溶接速度 600mm/min 及び溶接入熱 2700J/cm とした。また、インサート厚 1.0mm の場合は、ビーム電流 20mA に変化させた。

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、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、光学顕微鏡で観察した。

さらに、母材及び溶接継手の材料試験として、マイ

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

Materials	Chemical composition(mass%)							Mechanical properties		
								T.S. (MPa)	El. (%)	
Base metal	FCD400	C	Si	Mn	P	S	Mg	C.E.	441	22
		3.43	3.01	0.17	0.023	0.007	0.037	4.43		
S35C		C	Si	Mn	P	S	C.E.	-	569	21
		0.35	0.25	0.75	0.03	0.035	0.43	-		
Insert metal	SUS310S	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	590	43
		0.05	0.62	0.96	0.012	0.001	19.03	24.71		

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

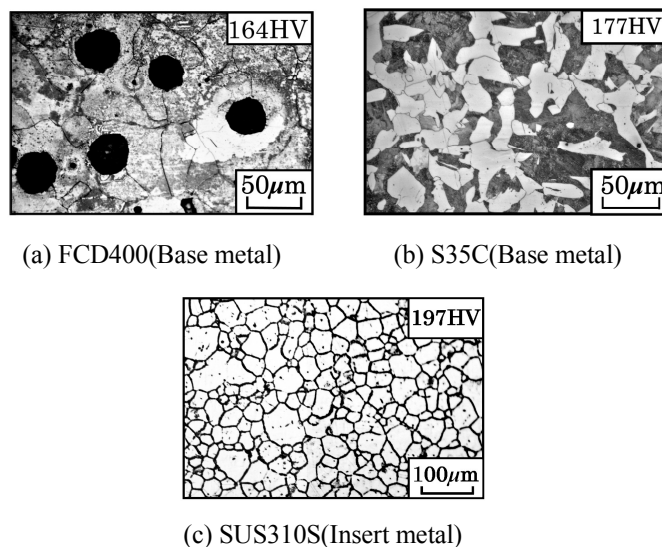


Fig.1 Microstructure and Vickers hardness of base metals and insert metal.

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静的及び動的強さなどについて調べた。

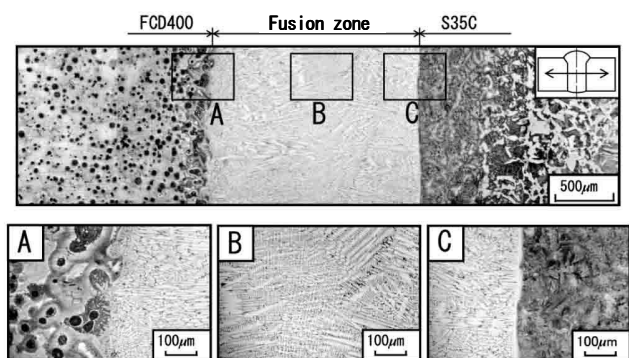


Fig.2 Microstructure of butt welds.
Note:Insert metal thickness;1.0mm

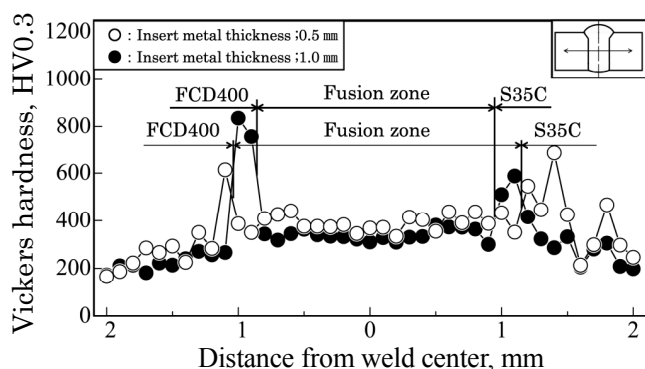


Fig.3 Vickers hardness distribution of welds.

3. 実験結果

3.1 溶接部の性状

溶接ビードの外観は、インサート厚 0.5mm(以下 t0.5)の場合に若干スパッタが認められた。t1.0 の場合は、表面及び裏波ビードとも良好であった。Fig.2 に t1.0 の場合の溶接部のマイクロ組織を示す。溶融凝固部はデンドライトの様相を呈した。Fig.3 に溶接部の硬さ分布を示す。溶融凝固部の硬さは、t0.5 の場合は平均で 389HV を示し、t1.0 の場合は 339HV であった。

3.2 母材及び溶接継手の引張特性

Fig.4 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、t0.5 の場合に平均で 393MPa(4 本)を示し、t1.0 の場合は平均で 382MPa(4 本)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 t0.5 の場合は平均で 89%を示し、t1.0 の場合は 87%を示した。

3.3 母材及び溶接継手の衝撃特性

Fig.5 に母材及び溶接継手の衝撃値を示す。溶接継手の衝撃値は、t1.0 の場合溶融凝固部中央で平均 6.67J/cm²(2 本)を示し、FCD400 母材の衝撃値 19.5J/cm²(3 本)に比して著しく低下した。また、熱影響部の衝撃値は、FCD400 母材側の平均で 13.2J/cm²(3 本)を示し、S35C 側の平均で 18.9 J/cm²(3 本)を示した。

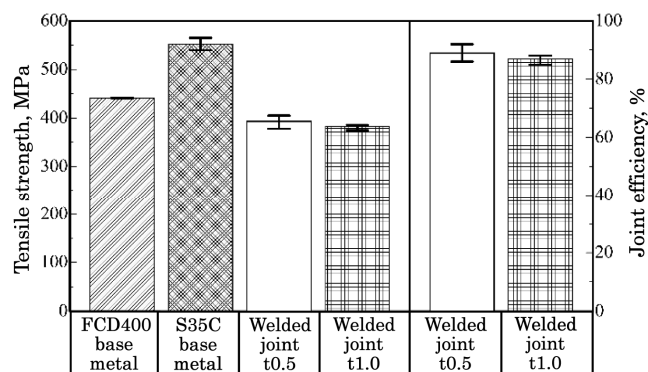


Fig.4 Tensile strength and joint efficiency of base metals and welded joints.

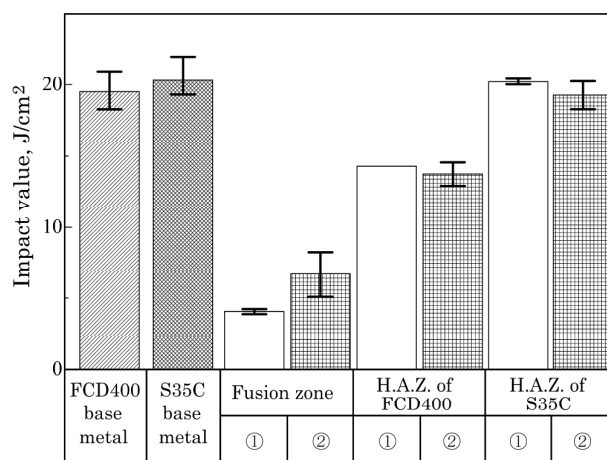


Fig.5 Impact value of base metals and welded joints.

Notes:1)Testing temperature:298K

:2)H.A.Z.: Heat affected zone

:3)①: Insert metal thickness; 0.5mm

:4)②: Insert metal thickness; 1.0mm

4. 結言

SUS310S インサート型電子ビーム溶接による球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼の溶接継手の強度などについて二、三検討した。その結果を下記に示す。

(1) 溶接継手の引張強さは、382~393MPa を示し、その平均継手効率は 87~89%であった。

(2) 溶接継手の衝撃値は、5.08~8.25 J/cm²を示し、その平均衝撃値は 6.67 J/cm²であった。なお、インサート厚 1.0mm の場合、0.5mm より衝撃値は若干高い値を示した。

5. 参考文献

[1] 齋藤祐貴, 柴田文男:「球状黒鉛鋳鉄と炭素鋼の電子ビーム溶接におけるインサート材の効果」 鑄造工学 第 160 回全国講演大会講演概要集, pp.33, 2012.