

K1-3

球状黒鉛鋳鉄と軟鋼のインサート型電子ビーム溶接における予熱の影響

Effects of Preheating in Insert-type Electron Beam Welding of Spheroidal Graphite Cast Iron and Mild Steel

○清水亮介¹, 金子文平², 西澤舜², 森下賢², 関口信一³, 柴田文男⁴*Ryosuke Shimizu¹, Bunpei Kaneko², Shun Nishizawa², Satoshi Morishita², Shinichi Sekiguchi³ and Fumio Shibata⁴

Abstract: Electron beam welding was applied to butt welding of spheroidal graphite cast iron and mild steel with preheating, using SUS304 stainless steel as insert metal. As a result, the microstructure of spheroidal graphite cast iron in heat affected zone both with and without preheating were ferrite, martensite and ledeburite. In addition, the average impact value of the welded joints with preheating was 5.1J/cm², compared to welded joints without preheating, the impact value was slightly improved.

1. 緒言

球状黒鉛鋳鉄は、鋼に匹敵する強度と延性を備えた鋳鉄系材料であり、自動車部品や各種工業機械等の構造部材として多用されている。また、軽量化や低コスト化のため、鋼材との異材溶接が各方面で検討されている^[1]。

著者らはすでに、インサート材を用いて球状黒鉛鋳鉄と軟鋼との電子ビーム溶接を行い、溶接部の欠陥防止並びに軟鋼母材とほぼ同等の溶接継手強度が得られたことを示した。しかし、溶接継手の衝撃特性は、球状黒鉛鋳鉄熱影響部の硬化により、鋳鉄母材に比して著しく低下した。

そこで本報告では、溶接継手の衝撃特性の改善を目的に、予熱を用いた球状黒鉛鋳鉄と軟鋼とのインサート型電子ビーム溶接を行い、溶接部の組織や機械的性質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 球状黒鉛鋳鉄及び SS400 一般構造用圧延鋼材を使用した。インサート材には、SUS304 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、t6×105×100mm とし、インサート材の寸法は、t0.5×6×100mm とした。溶接装置は、6kW 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。溶接は、両母材の突合せ面にインサート材を挿入し、上方より電子ビームを 1 パス照射して行った。Fig.1 に継手形状を示す。溶接条件は、真空度 5.33×10^{-2} Pa, 加速電圧 150kV, ab 値 1.25, 溶接速度 1000mm/min を一定とし、ビーム電流は予熱なしの場合 21mA, 予熱ありの場合 20mA とした。予熱は、焦点をぼかした電子ビームを溶接線上に 3 往復繰り返し照射する方法で実施し、予熱温度は 673K(400°C)とした。

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

Materials	Chemical composition (mass%)										Mechanical properties	
	C	Si	Mn	P	S	Mg	Ni	Cr	C.E.	T.S. (MPa)	EL (%)	
Base metal	FCD400	3.43	3.01	0.17	0.023	0.007	0.037	-	-	4.44	456	24.6
	SS400	0.14	0.13	0.58	0.017	0.006	-	-	-	-	420	31
Insert metal	SUS304	0.06	0.55	0.97	0.032	0.002	-	8.05	18.20	-	643	63

Notes: 1) T.S.: Tensile strength

2) El.: Elongation

3) C.E.: Carbon equivalent

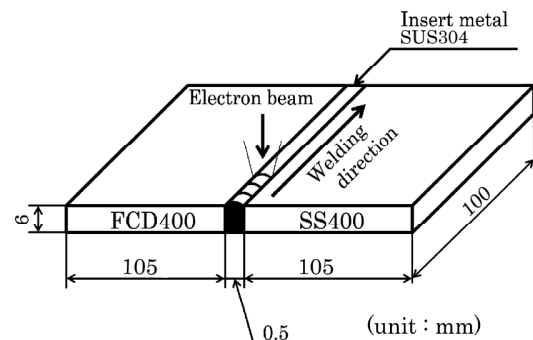


Fig.1 Joint configuration of SUS304 insert-type welding.

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。

また、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(JIS14B 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機械的性質について調べた。

3. 実験結果

3.1 溶接部の組織と硬さ

溶接ビードには、予熱なし及び予熱ありの場合、いずれも溶接割れやピット等の溶接欠陥が認められなかった。

Fig.2 に各溶接部のマイクロ組織を示す。溶融凝固部の組織は、いずれもデンドライトの様相を呈し、その形状は、予熱ありの場合に予熱なしに比して粗大化した。また、溶融凝固部の幅は、予熱なしに比して予熱ありの場合に大であった。

Fig.3 に球状黒鉛鋳鉄熱影響部におけるマイクロ組織と硬さを示す。球状黒鉛鋳鉄熱影響部には、予熱の有無に関わらず、フェライト、マルテンサイト、レデブライトの複雑な混合組織が観察された。予熱ありの場合では、予熱なしの場合に比してボンド部近傍にてレデブライトの粗大化及びフェライトの減少が認められた。また、ボンド部近傍の黒鉛形状は、予熱なしに比して予熱ありの場合に、黒鉛の変形が顕著であった。

3.2 溶接継手の引張特性

Fig.4 に母材及び各溶接継手の引張強さ及び継手効率を示す。溶接継手の引張強さは、予熱なしの場合 403MPa、予熱ありの場合 396MPa を示した。軟鋼母材に対する継手効率はそのそれぞれ 96%及び 94%を示し、両者ともほぼ同等の値であった。

3.3 溶接継手の衝撃特性

Fig.5 に母材及び各溶接継手の衝撃値を示す。溶接継手の平均衝撃値は、予熱ありの場合 5.1J/cm² を示し、予熱なしの場合の 4.3J/cm² に比して若干大となった。しかし、予熱ありの場合でも鋳鉄母材に比して著しく低かった。

4. 結言

予熱を用いて球状黒鉛鋳鉄と軟鋼とのインサート型電子ビーム溶接を行い、溶接部の組織や機械的性質について若干検討し、以下の結果を得た。

(1) 溶融凝固部の組織は、デンドライトの様相を呈した。また、球状黒鉛鋳鉄熱影響部では、マルテンサイトやレデブライトが観察された。

(2) 溶接継手の引張強さは、予熱なしの場合 403MPa、予熱ありの場合 396MPa であり、その継手効率は 96% 及び 94%であった。

(3) 溶接継手の衝撃値は、予熱なしの場合、平均で 4.3J/cm²、予熱ありの場合、平均で 5.1J/cm² を示し、衝撃値の上昇が若干認められた。

5. 参考文献

[1] 関口信一, 清水亮介, 柴田文男:「球状黒鉛鋳鉄と軟鋼溶接部の継手性能に及ぼす予熱の効果」, 鋳造工学第 160 回全国講演大会講演概要集, pp.36, 2012.

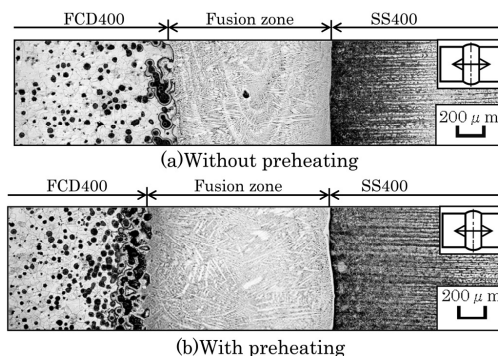


Fig.2 Microstructure of SUS304 insert-type welds.

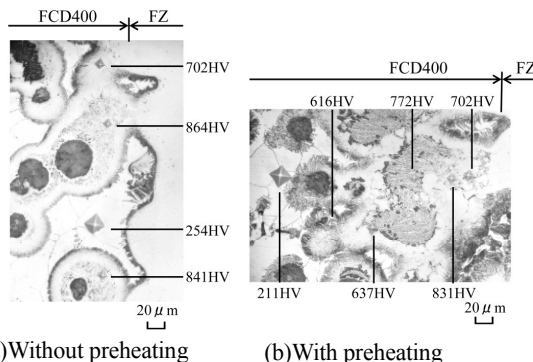


Fig.3 Microstructure and Vickers hardness in the heat affected zone of spheroidal graphite cast iron.

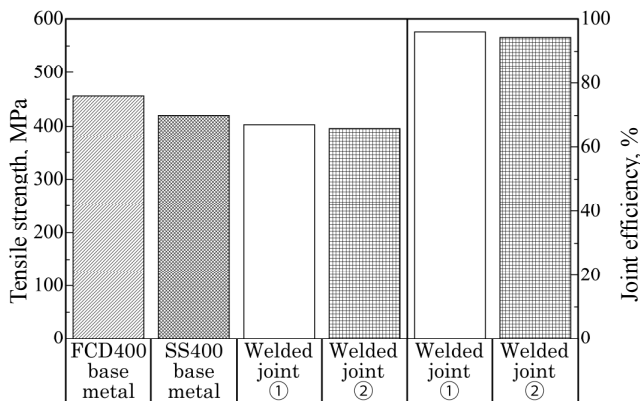


Fig.4 Tensile strength and joint efficiency of base metals and welded joints.

Notes: 1)①: Without preheating
2)②: 673K preheating

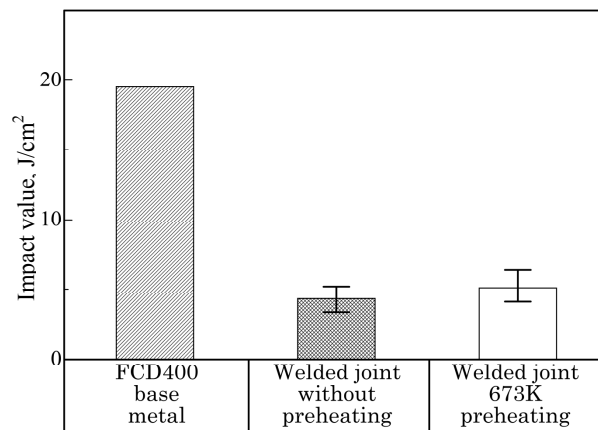


Fig.5 Impact value of base metal and welded joints.
Note: Testing temperature; 298K