

K1-26

電子ビーム溶接したオーステンパ球状黒鉛鑄鉄の強度特性

Strength Characteristics of Electron Beam Welded Austempered Spheroidal Graphite Cast Iron

○中村 洸太¹, 清水 亮介², 金子 文平², 柴田 文男³*Kota Nakamura¹, Ryosuke Shimizu², Bunpei Kaneko² and Fumio Shibata³

Abstract: Electron beam welding was applied to butt welding of austempered spheroidal graphite cast iron (ADI), using SUS304 and SUS310S stainless steel as insert metal. The main results obtained are as follows. (1)The tensile strengths of the welded joints were 733MPa (SUS304 insert metal) and 568MPa (SUS310S insert metal). (2)The joint efficiencies of the austempered spheroidal graphite cast iron to its base metal (783MPa) were 94% (SUS304 insert metal) and 73% (SUS310S insert metal). (3)The impact values of the welded joints were hitting the center of the welds were 3.39J/cm² (SUS304 insert metal) and 3.73J/cm² (SUS310S insert metal).

1. 緒言

オーステンパ球状黒鉛鑄鉄(以下, ADI と記す)は, 球状黒鉛鑄鉄をオーステンパ処理して得られる新しい鑄鉄系材料である. ADI は鑄鉄系材料の中でも特に優れた機械的性質を有している. しかし, ADI は高炭素含有などのため, 溶接・接合が極めて困難である. したがって, ADI の溶接性に関する研究はほとんど行われていない^{[1], [2]}.

そこで本報告では, インサート材を用いて ADI の電子ビーム溶接を行い, 溶接ビードの外観, 欠陥発生状況, マクロ・マイクロ組織観察並びに溶接継手の静的及び動的強度などについて二, 三検討した.

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ビッカース硬さを示す. 母材には, ADI を使用し, インサート材には, SUS304 ステンレス鋼及び SUS310S ステンレス鋼を使用した. 母材の寸法は t6×100×100mm, インサート材の寸法は t1.0×6×100mm とした. 溶接装置は, 60kW 級の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 2.0×10⁻²Pa, 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 とした.

溶接終了後, 溶接ビードのマクロ観察を行った. 溶接部の組織は, ビード横断面を切断・研磨後, 溶接部を 10%クロム酸水溶液で電解腐食及び 3%ナイトルで腐食を行い, 光学顕微鏡で観察した. また, 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)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, 溶接継手の強度などについて調べた.

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

Materials		Chemical composition (mass%)									Mechanical properties	
		C	Si	Mn	P	S	Mg	Ni	Cr	C.E.	T.S. (MPa)	El. (%)
Base metal	ADI	3.64	2.59	0.25	0.017	0.009	0.045	-	-	4.50	783	2.26
Insert metal	SUS304	0.06	0.55	0.97	0.032	0.002	-	8.05	18.22	-	643	63
	SUS310S	0.05	0.62	0.96	0.01	0.001	-	19.03	24.71	-	590	43.0

Notes: 1)T.S.:Tensile strength 2)El.:Elongation

3)C.E.:Carbon equivalent

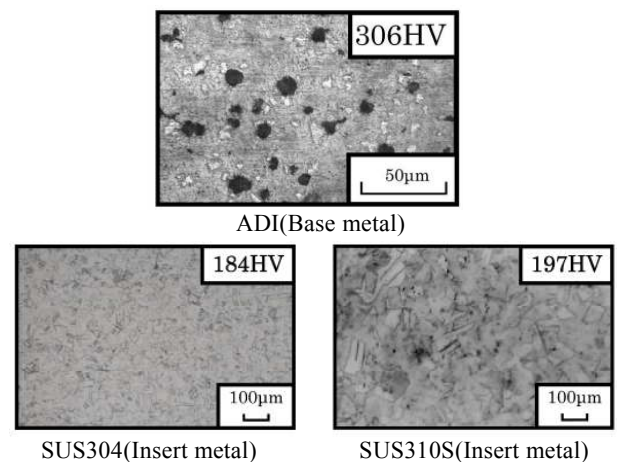


Fig. 1 Microstructure and Vickers hardness of base metal and insert metals.

3. 実験結果

3.1 溶接ビード外観及びマイクロ組織観察

溶接ビードのマクロ観察の結果, 両インサート材ともに若干のスパッタが認められたが, ピットや溶接割れは認められなかった.

Fig. 2 に SUS310S インサート型(以下, SUS310S と記す)溶接部のマイクロ組織を示す. 溶融凝固部の組織は, 両インサート材ともにデンドライトの様相を呈した. ボンド部近傍では, 両インサート材ともにレデブライトやマルテンサイトなどの硬化組織が認められた.

3.2 溶接部の硬さ

Fig. 3 に SUS310S 溶接部のビッカース硬さ分布を示す。溶融凝固部の平均硬さは、SUS304 インサート型(以下、SUS304 と記す)溶接部で 544HV(10 点), SUS310S 溶接部で 576HV(7 点)を示し、母材の平均硬さ(306HV)に比して硬化が認められた。

3.3 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、SUS304 溶接継手で 733MPa, SUS310S 溶接継手で 568MPa を示した。母材の平均引張強さ(783MPa)に対する継手効率は、SUS304 溶接継手で 94%, SUS310S 溶接継手で 73%を示し、SUS304 溶接継手の場合に良好な継手性能が得られた。

3.4 母材及び溶接部の衝撃特性

Fig. 5 に母材及び SUS310S 溶接部の衝撃値を示す。溶融凝固部中央の衝撃値は、SUS304 溶接部で 3.39J/cm², SUS310S 溶接部で 3.73J/cm²を示し、SUS310S 溶接部の場合に若干衝撃値が大であった。

4. 結言

オーステンパ球状黒鉛鋳鉄のインサート型電子ビーム溶接を行い、溶接部の組織や強度などについて若干検討し、以下の結果を得た。

(1) 溶接ビードにピットや溶接割れは認められなかった。また、溶融凝固部の組織は、デンドライトの様相を呈し、ボンド部近傍ではレデブライトやマルテンサイトが認められ、複雑な混合組織の様相を呈した。

(2) 溶融凝固部の平均硬さは、SUS304 溶接部で 544HV, SUS310S 溶接部で 576HV を示し、ADI 母材に比して硬化していた。

(3) 溶接継手の引張強さは、SUS304 溶接継手で 733MPa, SUS310S 溶接継手で 568MPa を示し、ADI 母材に対する継手効率は 94%及び 73%であった。

(4) 溶接継手の衝撃値は、SUS304 溶接部では 3.39J/cm², SUS310S 溶接部では 3.73J/cm²を示した。

5. 参考文献

[1] 金子文平, 清水亮介, 柴田文男, 高橋博正:「オーステンパ球状黒鉛鋳鉄溶接継手の引張及び衝撃特性」, 日本機械学会山梨講演会講演論文集, 2013.
 [2] 清水亮介, 金子文平, 柴田文男^他:「インサート材を用いたオーステンパ球状黒鉛鋳鉄の溶接継手強度」, 第 57 回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, 2013.

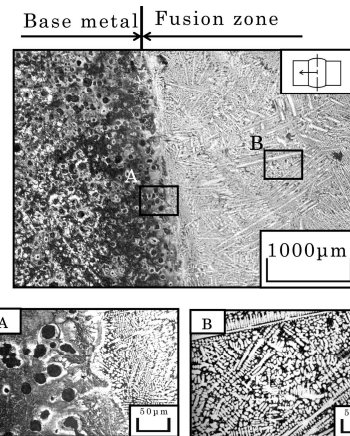


Fig. 2 Microstructure of SUS310S insert-type welds.

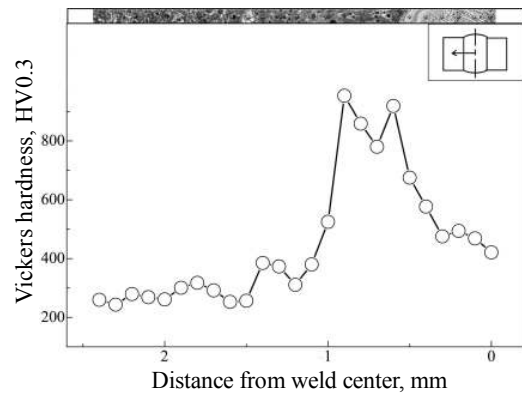


Fig. 3 Vickers hardness distribution of SUS310S insert-type welds.

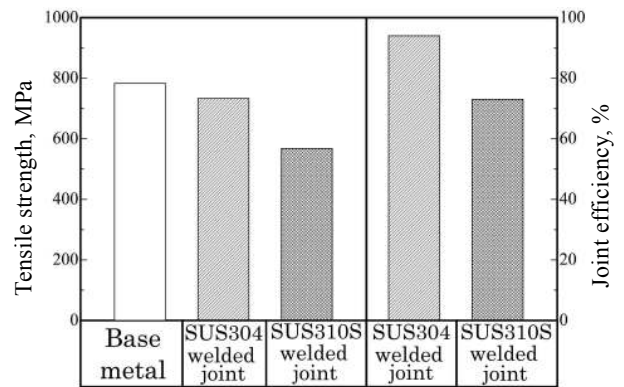


Fig. 4 Tensile strength and joint efficiency of base metal and welded joints.

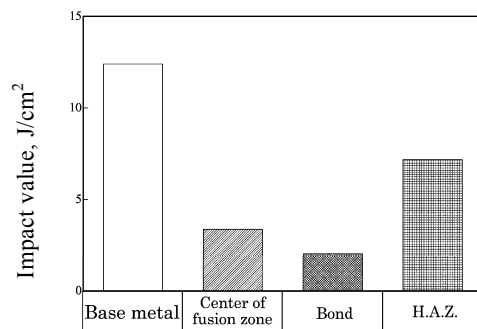


Fig. 5 Impact value of base metal and SUS310S insert-type welded joints.

Notes: 1) Testing temperature: 298K
 2) H.A.Z.: Heat affected zone