

球状黒鉛鋳鉄と軟鋼溶接継手におけるインサート材の効果
Effects of Insert Metals in Spheroidal Graphite Cast Iron and Mild Steel Welded Joints

○林愛¹, 清水亮介², 関口信一³, 柴田文男⁴

*Ai Hayashi¹, Ryosuke Shimizu², Shinichi Sekiguchi³ and Fumio Shibata⁴

Abstract: Electron beam welding was applied to insert-type welding of FCD400 spheroidal graphite cast iron and SS400 mild steel. The main results obtained are as follows. (1)The hardness of the fusion zone produced by the insert-type welding was showing a decrease compared to the butt welding. (2)The tensile strength of the welded joints was 282~359MPa and joint efficiency of the mild steel(441MPa) was 64~82 %. (3)The impact value of the welded joints was decreased compared to the spheroidal graphite cast iron.

1. 緒言

球状黒鉛鋳鉄は、鋼に匹敵する機械的性質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使用されている。また、近年鋼材との複合化が各方面で検討されている^[1]。

本報告では、球状黒鉛鋳鉄と軟鋼溶接継手の電子ビーム溶接を行った場合の、インサート材の効果について二、三調べた。

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 相当の球状黒鉛鋳鉄と SS400 相当の軟鋼を使用した。インサート材の組合せは、純 Fe、純 Ni、PB パーマロイ及び SUS430 に、Cr 及び Ni 量を種々変えてインサート材として用いた。母材の寸法は、球状黒鉛鋳鉄及び軟鋼とも t6×100×100mm とした。また、インサート材はインサート材(A)を t0.1×6×100mm とし、インサート材(B)を t0.2×6×100mm とした。Fig. 1 にインサート材の組合せた寸法を示す。両母材の突合せ面にインサート材(A)を 1 枚、その両側にインサート材(B)を 2 枚組合せ、インサート材の最終寸法を t0.5×6×100mm とした。Table 2 にインサート材の組合せ状況を示す。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 2.0×10⁻²Pa, 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。溶接部の組織は、ビード横断面を切断・研磨後、溶接部を腐食し、光学顕微鏡で観察した。また、溶融凝固部の化学分析を行った。母材及び溶接継手の材料試験は、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。

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of base metals 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	FCD400	3.41	3.01	0.19	0.030	0.009	0.041	-	-	4.4	455	18
	SS400	0.13	0.19	0.61	0.02	0.02	-	-	-	-	441	32
Insert metal	Pure Fe	0.12	-	0.5	0.05	0.05	-	-	-	-	-	-
	Pure Ni	0.001	0.04	0.1	-	0.001	-	99.82	-	-	-	-
	PB Permalloy	-	0.1	0.5	-	-	-	46.0	-	-	-	-
	SUS430	0.08	0.39	0.25	0.026	0.003	-	0.10	16.19	-	494	28

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

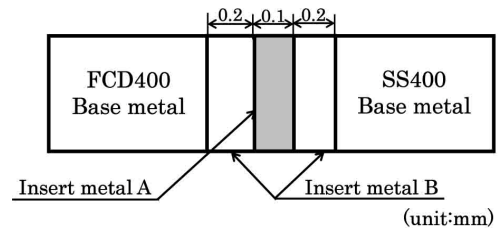


Fig. 1 Insert metals configuration.

Table 2 Combination of insert metals.

No.	Insert metal(A)	Insert metal(B)
1	PB Permalloy	Pure Fe
2	Pure Ni	Pure Fe
3	PB Permalloy	SUS430
4	Pure Fe	SUS430

3. 実験結果

3.1 溶接部の組織と硬さ

Fig. 2 に PB パーマロイ-純 Fe(以下、PB-Fe 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、針状マルテンサイトを示した。一方、純 Ni-純 Fe(以下、Ni-Fe と記す), PB パーマロイ-SUS430(以下、PB-SUS430 と記す)及び純 Fe-SUS430(以下、Fe-SUS430 と記す)溶融凝固部は、デンドライトの様相を呈していた。

1 : 日大理工・学部・精機 2 : 日大理工・院(前)・精機 3 : (株)荏原製作所 4 : 日大理工・教員・精機

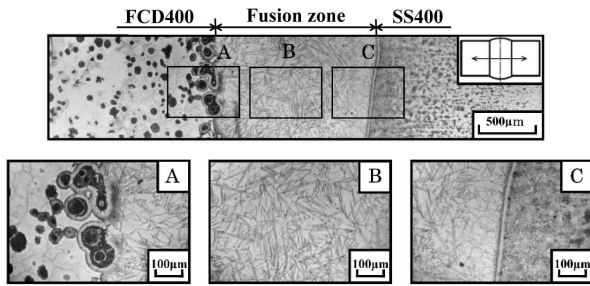


Fig. 2 Microstructure of PB Permalloy and pure Fe insert-type welds.

Fig. 3 に溶接部の硬さ分布を示す. 溶融凝固部の硬さは, 突合せ溶接の場合に比してインサート型溶接の場合にいずれも硬度の低下が認められた.

3.2 溶融凝固部の化学成分

Table 3 に溶融凝固部の化学分析の結果を示す. Ni量は, PB-Fe 溶融凝固部で 3.03%, Ni-Fe 溶融凝固部で 6.75%, PB-SUS430 溶融凝固部で 3.18%を示した. なお, Cr量は, PB-SUS430 溶融凝固部で 5.24%を示し, Fe-SUS430 溶融凝固部で 4.14%を示した.

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, 282~359MPa となり, インサート材の組合せのいかんに関わらず軟鋼母材の引張強さ(441MPa)に比していずれも低下した.

また, 軟鋼母材の引張強さに対する継手効率は 64~82%であった.

3.4 母材及び溶接継手の衝撃特性

Fig. 5 に球状黒鉛鉄母材及び溶接継手の衝撃値と試験温度との関係を示す. インサート材の組合せのいかんに関わらず衝撃値に大きな差異は認められず, 球状黒鉛鉄母材の値に比して著しく低下した.

4. 結言

- (1)溶融凝固部の硬さは, 突合せ溶接に比してインサート型溶接の場合に低下した. 特に, インサート材に SUS430 を組合せた場合にその傾向は顕著であった.
- (2)溶接継手の引張強さは, 282~359MPa を示し, 軟鋼母材に対する継手効率は 64~82%であった.
- (3)溶接継手の衝撃値は, いずれも球状黒鉛鉄母材に比して低下した.

5. 参考文献

[1] 清水亮介, 齋藤祐貴, 関口信一, 柴田文男, 高橋博正:「インサート材を用いた球状黒鉛鉄と軟鋼溶接継手における Cr, Ni 量の影響」, 日本機械学会山梨講演会講演論文集, 2013.

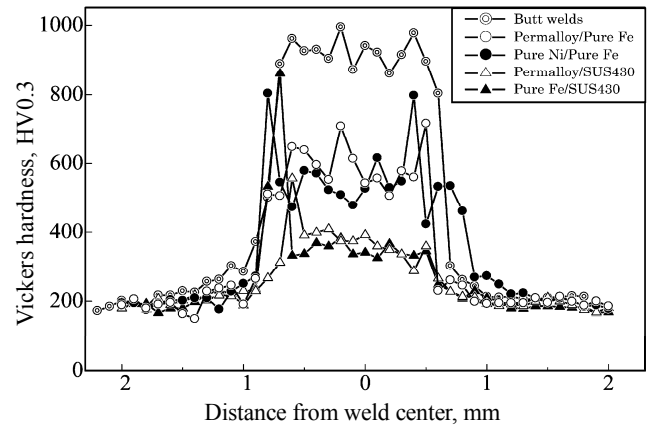


Fig. 3 Vickers hardness distribution of welds.

Table 3 Result of chemical analysis of fusion zone.

Materials		Chemical composition(mass%)			
		C	Si	Ni	Cr
Insert metals	Permalloy/Pure Fe	1.522	1.420	3.031	0.038
	Pure Ni/Pure Fe	1.388	1.176	6.750	0.063
	Permalloy/SUS430	1.795	1.764	3.189	5.241
	Pure Fe/SUS430	1.239	1.421	0.031	4.140

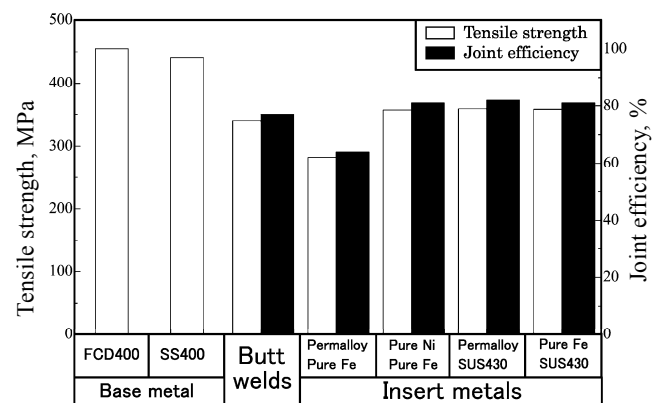


Fig. 4 Tensile strength and joint efficiency of base metals and welded joints.

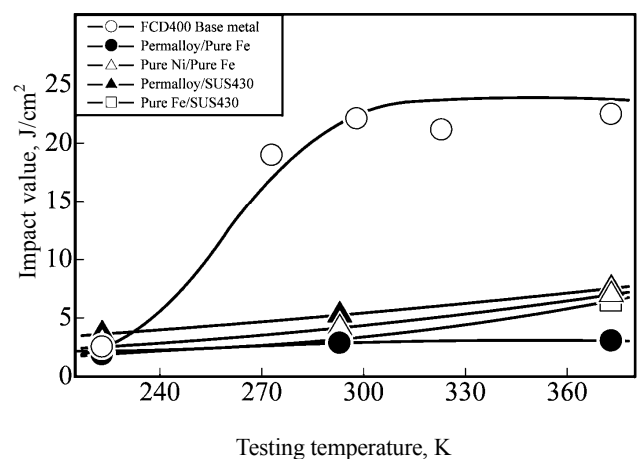


Fig. 5 Relation between impact value and test temperature of FCD400 base metal and welded joints.