

TIG溶接による球状黒鉛鑄鉄／軟鋼の強度特性

日本大学理工学部

柴田文男

日本大学[院]

○秋山真悟

日本大学短期大学部

今井邦夫

日本大学理工学部

高橋博正 斎藤 篤

1. 緒 言

近年、球状黒鉛鑄鉄と他の金属材料との複合化を目指した研究が盛んに行われている。その中でも、球状黒鉛鑄鉄と軟鋼との複合化に関する研究が行われつつある^{1)~3)}。しかし、球状黒鉛鑄鉄は高炭素含有のため溶接部は著しく硬化し、割れや気孔が発生しやすい。そのため、球状黒鉛鑄鉄と軟鋼の異材溶接性に関する研究は、その溶接の困難性から未検討の点が多く残されている。

本報告では、TIG溶接による球状黒鉛鑄鉄と軟鋼のV形突合せ溶接を行い、溶接継手の組織と強度などについて若干検討した。

2. 供試材料及び実験方法

表1に使用した母材と溶加材の化学成分を示す。母材には、FCD400相当の球状黒鉛鑄鉄とSS400相当の軟鋼を用いた。また、溶加材には、市販のNi系鑄鉄用被覆アーク溶接棒(DFC NiFe)の被覆剤を除去して用いた。図1に両母材のミクロ組織と硬さを示す。母材の寸法は、16×100×100mmで、溶加材の寸法は、φ4×350mmである。溶接前処理として、母材及び溶加材をアセトン中で超音波洗浄した。溶接装置は、インバータ制御交直両用TIG溶接機を使用した。溶接条件は、基礎実験の結果より、溶接電流170A、溶接速度100mm/min及びシールドガス流量10ℓ/min(Ar)とした。そして、溶接前処理後、両母材を開先角度60°としてV形に突合せて両端を仮付後、治具で軽く固定して片面2層溶接を行った。なお、第1層目の溶接終了後、溶接ビード表面をワイヤブラシで清掃し、層間温度を室温で第2層目の溶接を行った。溶接終了後、溶接材には一切熱処理を施さずに試験片を溶接線に対して直角に採取し、機械加工を行った。

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)、継手引張試験(JIS5号)及びVノッチシャルピー衝撃試験(試験温度298K)を行い、溶接継手の機械的性質について調べた。

溶接部の組織は、ビード横断面を切断し、ダイヤモンドラップ盤にて研磨後、溶接金属はクロム酸水溶液(10%)による電解腐食を行い、両母材部はナ

イタル(2%)で腐食し、光学顕微鏡で観察した。

3. 実験結果

3.1 溶接部のミクロ組織と硬さ

図2に溶接部のミクロ組織を示す。観察位置は、母材表面より4mm内部の第1層部とした。溶接金属の組織は、デンドライトの様相を呈し、FCD400熱影響部には針状マルテンサイトの生成が認められた。

図3に溶接部の硬さ分布を示す。測定位置は、ミクロ組織の観察位置(第1層部)及び母材表面より1mm内部の第2層部とした。溶接金属の硬さは、第1層部で191~268HV(10点)を示し、その平均硬さは211HVであった。また、第2層部では、188~222HV(18点)を示し、その平均硬さは202HVであった。

Table1 Chemical compositions of base metals and filler metal.

Materials		Chemical composition (mass%)								
		C	Si	Mn	P	S	Mg	Ni	Fe	C.E.
Base metal	FCD400	3.29	2.72	0.30	0.021	0.005	0.04	—	93.62	4.2
	SS400	0.13	0.19	0.61	0.020	0.020	—	—	99.03	—
Filler metal	DFC NiFe	0.038	0.18	0.68	0.006	0.008	—	56.5	42.20	—

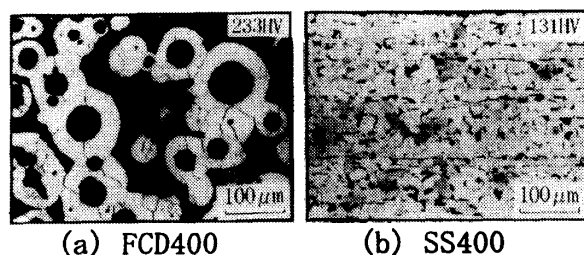


Fig.1 Microstructure of base metals.

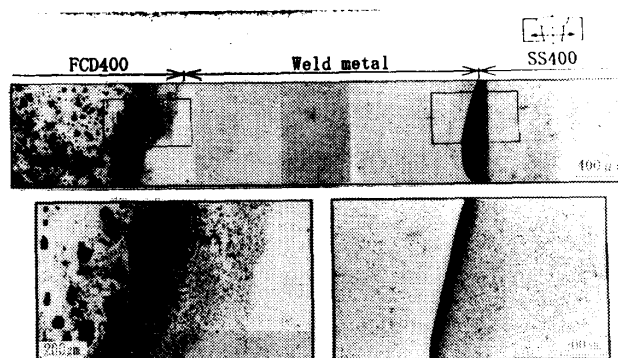


Fig.2 Microstructure of butt welds.

なお、FCD400ボンド部から熱影響部にかけて著しく硬度が上昇し、熱影響部最高硬さは、第1層部で849HV、第2層部で792HVであった。一方、SS400ボンド部近傍でも一部硬度の上昇が認められ、第1層部で295HV、第2層部で352HVであった。

3.2 溶接継手の引張特性

図4に溶接継手の引張強さ及び継手効率と伸びとの関係を示す。溶接継手の引張強さは、369～415MPaを示し、試験片8本の平均値は388MPaであった。この場合、SS400母材の引張強さ412MPaに対する継手効率は90～100%を示し、その平均は94%と優れた継手強度を示した。また、継手の伸びは、2.5～3.5%を示し、その平均は3.0%であった。なお、破断位置は、主にFCD400ボンド部+溶接金属であった。また、破面には溶接欠陥は認められず、正常なマクロ破面を呈していた。

3.3 溶接部の衝撃特性

図5にFCD400母材及び溶接部の衝撃値を示す。FCD400母材の2本の衝撃値は、9.5及び10.3J/cm²を示し、その平均は9.9J/cm²であった。一方、溶接部の衝撃試験では、打撃位置を溶接金属中央とし、試験温度298Kを一定として実施した。この場合の2本の衝撃値は、23.9及び27.1J/cm²を示し、その平均は25.5J/cm²であり、FCD400母材に比べて溶接部の衝撃値は著しく上昇した。これは、溶接金属のNi含有の影響によるものと考えられる。なお、試験片は、Vノッチ先端からほぼ垂直に破断し、破面には溶接欠陥は認められず、正常なマクロ破面を呈していた。

4. 結 言

TIG溶接による球状黒鉛鋳鉄と軟鋼の溶接継手の諸特性などについて若干検討し、以下の結果を得た。

(1) 溶接部の組織は、デンドライトの様相を呈し、その平均硬さは、第1層部で211HV、第2層部で202HVであった。また、FCD400熱影響部最高硬さは、第1層部で849HV、第2層部で792HVであった。

(2) 溶接継手の平均引張強さは、388MPaを示し、その平均継手効率は94%と優れた性能を示した。また、伸びの平均は3.0%であった。なお、破断位置は、主にFCD400ボンド部+溶接金属であった。

(3) 溶接部の衝撃値は、平均で25.5J/cm²を示し、FCD400母材の平均の9.9J/cm²に比べて著しく上昇した。なお、破面には溶接欠陥は認められなかった。

参考文献

1) 柴田, 関口他, 日本鋳物協会全国講演大会講演概要集, 120, 103(1992).

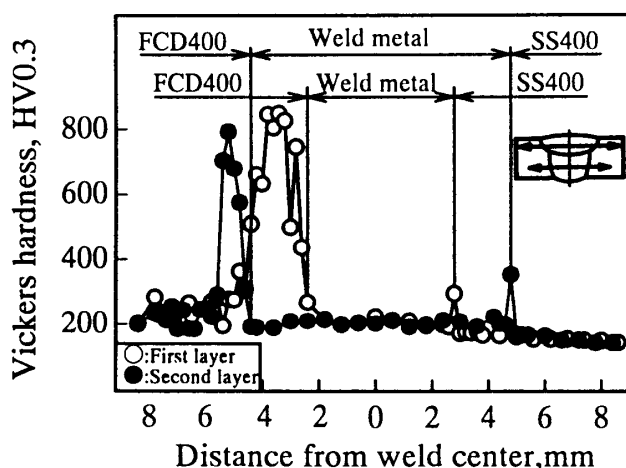


Fig.3 Vickers hardness distribution of butt welds.

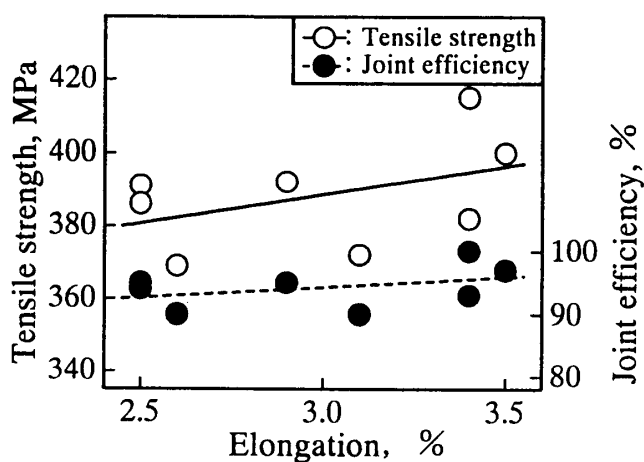


Fig.4 Relation between tensile strength, joint efficiency and elongation of welded joints.

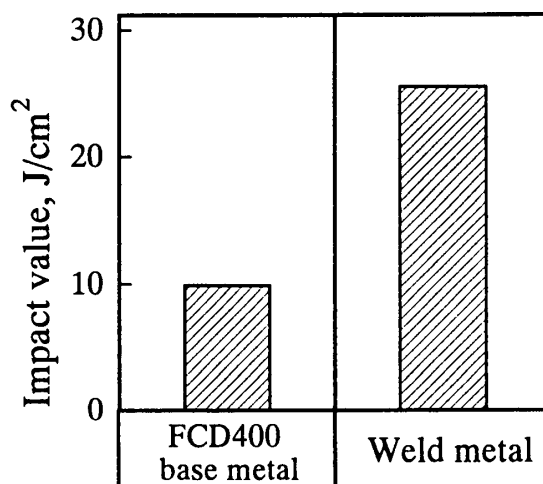


Fig.5 Impact value of FCD400 base metal and weld metal.

Note:1) Testing temperature: 298K

- 2) 柴田, 今井他, 日本学術会議材料研究連合講演会前刷集, 39, 86(1995).
- 3) 青沼, 平塚, 堀江他, 鋳造工学, 72, 478(2000).