

銅合金鋳物とステンレス鋳鋼の溶接継手強度 Strength of Welded Joints of Copper Alloy Casting and Stainless Casting Steel

○池田成喜¹, 大谷広樹¹, 保科聖², 八木大輔², 柴田文男³
*Seiki Ikeda¹, Hiroki Otani¹, Akira Hoshina², Daisuke Yagi², and Fumio Shibata³

Abstract: Analysis was made on mechanical properties etc. regarding the butt welds formed by the electron beam welding of dissimilar metal using copper alloy casting (CAC403) and stainless casting steel (SCS13). As a result, the welded joints presented a tensile strength of 192MPa and had an average joint efficiency of 86%, with regard to the CAC403 base metal before welding. Moreover, the joints had an elongation of 3.0% on average, and the breaking of the joints began from a position in the CAC403 base metal zone.

1. 諸言

CAC403 銅合金鋳物は、耐摩耗性、耐食性、耐圧性などに優れた金属材料であり、現在船舶用部品、軸受、バルブ・コックなどに多用されている。しかし、熱伝導率、熱膨張率が大きい為、溶接熱が母材に拡散し、十分な溶込みが得られにくく、難溶接性材料として扱われている。したがって、CAC403 銅合金鋳物と SCS13 ステンレス鋳鋼などの溶接・接合に関する報告は極めて少ない^[1]。

本報告では、電子ビーム溶接による CAC403 銅合金鋳物と SCS13 ステンレス鋳鋼の直接溶接を行い、溶接継手の組織と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 に母材の化学成分と機械的性質を示す。母材の寸法は、t6×100×100mm とした。母材の溶接前処理として、母材表面の酸化皮膜をエメリー紙 (#800) で除去後、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、真空度 1.8×10^{-2} Pa, 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。溶接に際して、母材の両端を治具で軽く固定して、電子ビーム溶接を行った。

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、腐食して光学顕微鏡で観察した。また、EPMA によるビード横断面の線分析・面分析を行った。

さらに、母材及び溶接継手の材料試験として、マイクロピッカース硬さ試験 (硬さ記号:HV0.3), 引張試験 (JIS5 号), V ノッチシャルピー衝撃試験 (JIS4 号サ

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of base metals.

Materials	Chemical composition(mass%)								Mechanical properties	
									T.S. (MPa)	El. (%)
Base metal	CAC403	Cu	Sn	Zn	Pb	-	-	-	223	13
		86.70	10.24	2.63	0.16	-	-	-		
	SCS13	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	522	66
		0.034	1.25	0.76	0.02	0.002	8.82	18.6		

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

ブサイズ)及び平面曲げ疲労試験 (JIS1 号)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。なお、疲労限度は繰返し数 1.2×10^7 回の応力とした。

3. 実験結果

3・1 溶接部の組織と硬さ 表面及び裏波ビードにピットや割れは認められなかった。Fig.1 に溶接部のミクロ組織を示す。溶融凝固部の組織内に、CAC403 と SCS13 の境界が明瞭に観察された。なお、溶融凝固部の平均硬さは 162HV であり、SCS13 母材の硬さ (186HV)より低かった。

3・2 溶接部の線分析・面分析 溶接部の分析は、分析位置をビード横断面中央部として、Cu, Sn, Zn, Fe, Ni, Cr の 6 元素について行った。溶融凝固部において、CAC403 の主成分である Cu, Sn, Zn が小となる

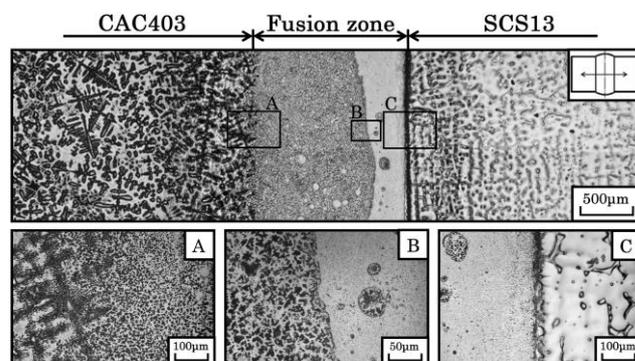


Fig.1 Microstructure of butt welds.

1 : 日大理工・院 (前)・精機 2 : 日大理工・学部・精機 3 : 日大理工・教員・精機

部分で、SCS13 の主成分である Fe, Ni, Cr は大となる対照的な傾向を示した。

3・3 溶接継手の引張特性 Fig.2 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 184~199MPa (2 本) を示し、その平均は 192MPa であった。この場合、CAC403 母材 (223MPa) に対する継手効率は 83~89% を示し、その平均は 86% であった。また、溶接継手の伸びは、2.3~3.6% を示し、その平均は 3.0% であった。なお、継手の破断は、すべて CAC403 母材部から生じていた。

3・4 溶接継手の衝撃特性 Fig.3 に CAC403 母材及び溶接継手の衝撃値を示す。衝撃試験は、試験温度 298K を一定とし、打撃位置を変化させて行った。溶接部中央の平均衝撃値は 15.1J/cm² であり、CAC403 母材の 18.8 J/cm² に比べて若干低かった。また、CAC403 ボンド部の平均衝撃値は 13.9 J/cm² を示し、さらに SCS13 ボンド部の平均衝撃値は 16.0 J/cm² であった。なお、溶接部中央から 5mm 離れた CAC403 母材部の平均衝撃値は 12.2 J/cm² であった。

3・5 溶接継手の疲労特性 Fig.4 に平面曲げ疲労試験による母材及び溶接継手の S-N 線図を示す。溶接継手の疲労強度は、繰返し応力 (σ) 130~190MPa, 繰返し数 (N) $4.56 \times 10^4 \sim 5.66 \times 10^6$ 回において CAC403 母材部で破断した。溶接継手の疲労限度は 120MPa であり、CAC403 母材の疲労限度 95MPa に比べて 25MPa ほど上昇した。また、溶接継手の疲労限度比は 0.63 であった。

4. 結言

電子ビーム溶接による CAC403 銅合金鋳物と SCS13 ステンレス鋳鋼の直接溶接を行い、溶接継手の機械的性質などについて若干検討し、以下の結果を得た。

(1) 溶融凝固部は、CAC403 と SCS13 の組織の境界が明瞭に観察された。また、溶融凝固部の平均硬さは 162HV であった。

(2) 溶融凝固部の成分は、CAC403 の主成分が小となる部分で、SCS13 の主成分は大となる対照的な傾向を示した。

(3) 溶接継手の引張強さは、CAC403 母材 (223MPa) の引張強さより 31MPa 低かった。

(4) 溶接部中央の衝撃値は、CAC403 母材 (18.8J/cm²) の衝撃値より 3.7 J/cm² 低かった。

(5) 溶接継手の疲労強度は、繰返し応力が 130~190MPa の場合、CAC403 母材部で破断した。また、溶接継手の疲労限度は 120MPa であり、疲労限度比は 0.63 であった。

5. 謝辞

本研究の遂行に当たり、詳細に渡って御協力して下さった平成 22 年度卒研生の佐々木幸大氏に心より御礼申し上げます。

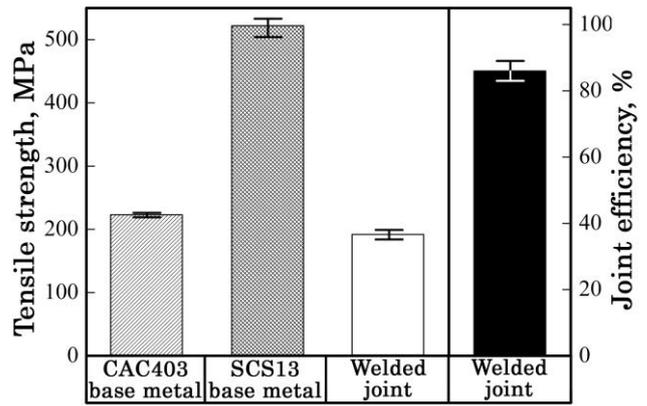


Fig.2 Tensile strength and joint efficiency of base metals and welded joints.

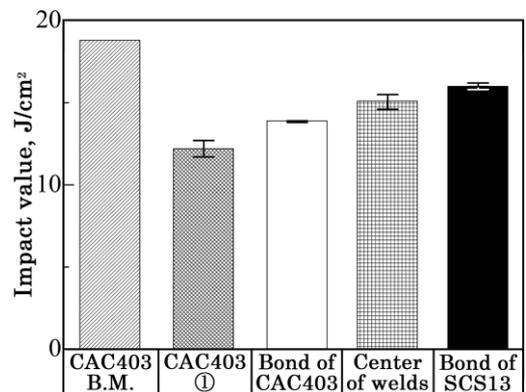


Fig.3 Impact value of CAC403 base metal and welded joints.

Notes: 1) ① : 5mm distance from weld center
2) B.M. : Base metal
3) Testing temperature : 298K

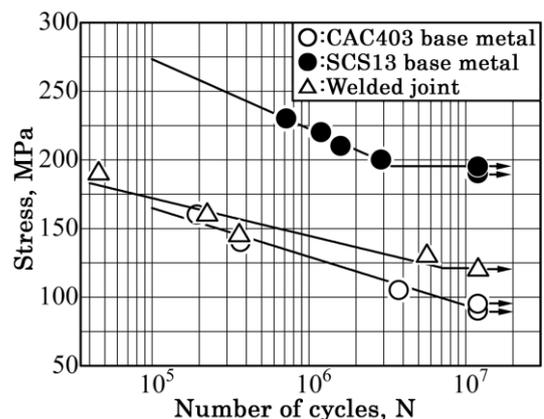


Fig.4 S-N curves of base metals and welded joints by plane bending fatigue test.

6. 参考文献

[1] 大谷広樹, 橋都章博, 宗像哲, 柴田文男: 鑄造工学 第 156 回全国講演大会, pp.14, 2010.