

Z427/1033(2009)-(31)



NUAA2010055229

Z427
1033(2009)-(31)

材料科学与技术学院

三



2010055229

31

材料科学与技术学院

061 系

062 系

063 系

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
157	王少刚 刘红霞	副高 硕士	061 061	SiC 颗粒增强铝基复合材料的钎焊性	材料科学与工程学报	2009.27.2	
158	季小辉 王少刚 赵小群 董桂萍	硕士 副教授 本科 硕士	061 061 061 061	SiC 颗粒增强铝基复合材料的电子束焊接研究现状	轻合金加工技术	2009.37.1	
159	王少刚 刘红霞	副教授 硕士	061 061	SiCp/101Al 复合材料的氩气保护炉中钎焊	兵器材料科学与工程	2009.32.2	
160	季小辉 王少刚 董桂萍	硕士 副教授 硕士	061 061 061	Al203p/6061Al 复合材料电子束焊接可行性研究	焊接技术	2009.38.2	
161	季小辉 王少刚 董桂萍	硕士 副教授 硕士	061 061 061	SiCp/101Al 复合材料电子束焊接接头温度场对其显微组织的影响	机械工程材料	2009.33.5	
162	董桂萍 王少刚 季小辉	硕士 副教授 硕士	061 061 061	SAF2205/16MnR 双相不锈钢复合板焊接接头的组织与性能	机械工程材料	2009.33.4	
163	张 亮 王少刚 马 寅	硕士 副教授 本科	061 061 061	焊接工艺对 2024 铝合金接头组织与性能的影响	电焊机	2009.39.7	
164	王少刚 刘仁培 封小松	副教授 研究员 讲师	061 061 061	开发综合性实验 培养创新能力	实验室研究与探索	2009.28.9	
165	季小辉 王少刚 董桂萍	硕士 副教授 硕士	061 061 061	工艺参数对 SiCp/101Al 复合材料电子束焊接头的影响	稀有金属材料与工程	2009.38.9	
166	马启慧 王少刚 张 亮 李 燕	硕士 副教授 硕士 硕士	061 061 061 061	双相不锈钢与碳钢异种金属焊接研究综述	焊管	2009.32.8	
167	S. G. Wang G. P. Dong Q. H. Ma	副教授 硕士 硕士	061 061 061	Welding of Duplex Stainless Steel Composite Plate: Influence on Microstructural Development	Materials and Manufacturing Processes	2009.24.1 2	
168	吴新强 王少刚 李 燕	硕士 副教授 硕士	061 061 061	电子束焊工艺参数对 Ti-6Al-4V 钛合金接头组织与性能的影响	焊接	2009.10	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
169	吴建 刘仁培 汪虎 张伟 史萌	硕士 教授 硕士 硕士 工程师	061 061 061 061 061	氟化物对自保护药芯焊丝电弧稳定性的影响	机械科学研究院哈尔滨焊接研究所 中国机械工程学会焊接学会	2009.12	
170	马瑞 董志波 魏艳红 占小红	博士 讲师 教授 讲师	061 061 061 061	Columnar grain growth pattern with fluid flowing in molten pool	Crystal research and technology	2009.44.11	
171	董志波 占小红 卢亚峰 郭萍 杨永福	中级 讲师 教授 硕士 硕士	061 061 061 061 061	焊接凝固裂纹三维数值模拟与预测系统的前处理设计	焊接学报	2009.30.8	
172	王蕾 吴光英	副高 硕士	061 外单位	钢表面获得单相 ϵ 化合物层的二段氮碳共渗工艺	金属热处理	2009.34.11	
173	张颖 陈照峰 王亮兵 严波 方聃	硕士 教授 硕士 硕士 博士	061 061 061 061 061	Phase and microstructure of tungsten coating on C/C composite prepared by double-glow plasma	Fusion Engineering and Design	2009.84.1	
174	陈照峰 张颖 王亮兵 黄俊 薛瑞娟	教授 硕士 博士 硕士 硕士	061 061 061 061 061	Effect of heat-treatment at different temperatures on the phase and morphology of the surface of W-coated C/C composites	Journal of Nuclear Materials	2009.389.3	
175	王亮兵 陈照峰 张颖 吴王平	硕士 教授 硕士 硕士	061 061 061 061	Ir coating prepared on Nb substrate by double glow plasma	International Journal of Refractory Metals and Hard Materials	2009.27.3	
176	方聃 陈照峰 宋英东 孙志刚	硕士 教授 硕士 硕士	061 061 061 061	Morphology and microstructure of 2.5 dimension C/SiC composites ablated by oxyacetylene torch	Ceramics International	2009.35.3	
177	严波 陈照峰 朱建勋 张建中 蒋云	硕士 教授 硕士 硕士 硕士	061 061 061 061 061	Effects of ablation at different regions in three-dimensional orthogonal C/SiC composites ablated by oxyacetylene torch at 1800°C	Journal of Materials Processing Technology	2009.209.7	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
178	陈照峰 万水成 程志强 王重海 张明霞	教授 硕士 硕士 硕士 硕士	061 061 061 061 061	Microstructure of the BNf/Si3N4 composites prepared by LPCVD	Science and Engineering of Composite Materials	2009.16	
179	陈照峰 承 涵 陶 杰 万水成 吴王平	教授 硕士 教授 硕士 硕士	061 061 061 061 061	Influence of irradiation time on laser ablation behavior of polycarbosilanes coating	Journal of Polymer engineering	2009.29.6	
180	王亮兵 陈照峰 张平则 吴王平 张 颖	硕士 教授 副教授 硕士 硕士	061 061 061 061 061	Ir coating prepared on Mo substrate by double glow plasma	Journal of coatings technology and research	2009.6.4	
181	陈照峰 严波	教授 硕士	061 061	Morphology and Microstructure of Three-Dimensional Orthogonal C/SiC Composites Ablated by an Oxyacetylene Flame at 2900 degrees C	INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED CERAMIC TECHNOLOGY	2009.6.2	
182	陈照峰 王亮兵 张平则 吴王平 张 颖	教授 硕士 副教授 硕士 硕士	061 061 061 061 061	双辉等离子法在 Mo、Nb 表面制 Ir 涂层微观结构比较	南京大学学报 (自然科学版)	2009.2	
183	肖 军 李 勇 文立伟 齐俊伟 王显峰	教授 副教授 副教授 高工 讲师	061 061 061 061 061	树脂基复合材料自动铺放技术进展	中国材料进展	2009.6	
184	张建宝 文立伟 肖 军 齐俊伟 还大军	硕士 副教授 教授 高工 博士	061 061 061 061 061	自动铺带成型压力控制技术	航空学报	2009.10	
185	刘 林 文立伟 李 勇 肖 军	硕士 副教授 副教授 教授	061 061 061 061	基于 PMAC 八轴自动铺带机随动控制系统研究(英文)	Chinese Journal of Aeronautics	2009.5	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
186	曾 伟 肖 军 李 勇 还大军 王培源 张建宝	硕士 教授 副教授 博士 硕士 硕士	061 061 061 061 061 061	回转体自动铺丝轨迹规划与覆盖性分析	武汉理工大学学报	2009.21	
187	孙 涛 谭永刚 肖 军 李 勇 范 琳 王 鹏 马 丹	硕士 硕士 教授 副教授 硕士 硕士 硕士	061 061 061 061 061 061 061	高压油管接头 Z-pin 技术增强机理研究	武汉理工大学学报	2009.21	
188	党旭丹 谭永刚 肖 军 李 勇 原永虎	硕士 硕士 教授 副教授 硕士	061 061 061 061 061	X-cor 夹层结构压缩模量有限元分析	材料工程	2009.1	
189	王 芳 肖 军 李淑琴 王经文	硕士 教授 副教授 副教授	061 061 061 061	三乙烯四胺改性碳纳米管对环氧树脂力学性能的影响	宇航材料工艺	2009.3	
190	董伟锋 张建钟 肖 军	硕士 硕士 教授	061 061 061	2.5D 机织复合材料弹性性能的有限元分析	Journal of Materials Engineering	2009.2	
191	孙 涛 李 勇 王 鹏 马 丹 肖 军	硕士 副教授 硕士 硕士 教授	061 061 061 061 061	层合复合材料 Z-pin 增强技术研究进展	航空制造技术	2009/15	
192	刘 彪 刘子利 刘细良	硕士 副教授 硕士	061 061 061	微量 Sc 对 Mg ₇ Gd ₃ Y 合金组织及力学性能的影响	特种铸造及有色合金	2009.29.7	
193	刘子利 闫新春	副高 硕士	061 061	硼对非晶态 LaMg ₁₁ Zr ₂₀₀ Ni 储氢合金电化学性能的影响	化工学报	2009.60.10	
194	刘子利 刘新波	副高 硕士	061 061	含 Sc 镁镍储氢合金的电化学性能	稀有金属材料与工程	2009.38.7	
195	喻 敏 王 颖 李朝军 姚小泉	博士 硕士 教授 教授	062 062 外单位 062	Pybox ligand-promoted copper(I)-catalyzed three-component tandem coupling-annulation of terminal alkynes, amines and ortho-alkynylaryl aldehydes	Tetrahedron Letters	20 09 年 50 卷 49 期	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
196	喻 敏 SkoutaR Lei Zhou JiangHF 姚小泉 李朝军	博士 博士 硕士 教授 教授 教授	062 外单位 外单位 外单位 062 外单位	Water-Triggered, Counter-Anion-Controlled, and Silver-Phosphines Complex-Catalyzed Stereoselective Cascade Alkynylation/Cyclization of Terminal Alkynes with Salicylaldehydes	The Journal of Organic Chemistry	20 09 年 74 卷 9 期	
197	喻 敏 韩成艳 姚小泉	博士 硕士 教授	062 062 062	An Unexpected, Water-Promoted, Silver-Phosphines Complex Catalyzed Stereoselective Cyclization of 2-(1-hydroxy-3-arylprop-2-ynyl)Phenols	第六届全国有 机化学学术研 讨会	2009/8/17 —20	
198	林明灯 喻 敏 韩成艳 姚小泉	硕士 博士 硕士 教授	062 062 062 062	Water and Ligand Promoted, Silver Nanoparticles -Catalyzed Cyclization of 2-(1-Hydroxy-3-Arylprop-2-ynyl)Phenol s	第六届全国有 机化学学术研 讨会	2009/8/17 —20	
199	谷刘园 屠 慧 姚小泉	硕士 硕士 教授	062 062 062	Synthesis and luminescent properties of novel metal-organic coordination polymers base on bisalicylaldehyde derivatives	第六届全国有 机化学学术研 讨会	2009/8/17 —20	
200	胡晓丹 徐小齐 程传伟 张海黔	讲师 硕士 博士 教授	062 062 062 063	CdS 纳米晶体的合成与表征	南京航空航天 大学学报	2009.41.3	
201	胡晓丹 潘力嘉 张海黔	讲师 副教授 教授	062 外单位 063	Solvothermal Synthesis of CdS Nanocrystals with Organic Sulphur Source	Chinese Journal of Inorganic Chemistry	2009.25.6	
202	孙志鹏 张校刚 佟 浩 梁彦瑜 力虎林	博士 正高 副高 副高 正高	062 062 062 062 062	Sulfonation of ordered mesoporous carbon supported Pd catalysts for formic acid electrooxidation	Journal of Colloid and Interface Science	2009.337	
203	孙志鹏 张校刚 梁彦瑜 力虎林	博士 正高 副高 正高	062 062 062 062	Highly dispersed Pd nanoparticles on covalent functional MWNT surfaces for methanol oxidation in alkaline solution	Electrochemistr y Communication s	2009.11	
204	孙志鹏 张校刚 佟 浩 薛瑞丽 梁彦瑜	博士 正高 副高 正高 副高	062 062 062 062 062	Poly(sodium-p-styrenesulfonate)assisted microwave synthesis of ordered mesoporous carbon supported Pd nanoparticles for formic acid electro-oxidation	Applied Surface Science	2009.256	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
205	王志才	硕士	062	Ultrasonic assisted polyol synthesis of highly dispersed Pt/MWCNT electrocatalyst for methanol oxidation	J Solid State Electrochem	2009.13	
	赵丹丹	博士	062				
	赵光宇	博士	062				
	力虎林	正高	062				
206	孙志鹏	博士	062	A facile approach towards sulfonate functionalization of multi-walled carbon nanotubes as Pd catalyst support for ethylene glycol electro-oxidation	Journal of Power Sources	2009.191	
	张校刚	正高	062				
	梁彦瑜	副高	062				
	力虎林	正高	062				
207	孙志鹏	博士	062	Ordered mesoporous carbons(OMCs) as supports of electrocatalysts for direct methanol fuel cells(DMFCs):Effect of the pore characteristics of OMCs on DMFCs	Journal of Electroanalytical Chemistry	2009.633	
	张校刚	正高	062				
	佟浩	副高	062				
	薛瑞丽	正高	062				
	力虎林	正高	062				
208	高明慧	副高	062	年产 7000 吨可发性聚苯乙烯环评报告研究	中国环境科学学会学术年暨武汉国际环境科学与技术会	2009	
	朱存	学士	062				
209	邱建辉	副高	062	某机载设备中轴密封粘接的试验研究	中国胶粘剂	2009.18.4	
	朱正柱	硕士	062				
	陈国清	硕士	062				
	徐雷雷	硕士	062				
210	徐雷雷	硕士	062	明胶反相乳化接枝改性胶粘剂的制备与性能研究	中国胶粘剂	2009.18.6	
	邱建辉	副高	062				
	陈国清	硕士	062				
	徐方圆	硕士	062				
211	陈国清	硕士	062	马来酸酐辐照接枝三元乙丙橡胶的研究	塑料工业	2009.37.6	
	邱建辉	副高	062				
	徐雷雷	硕士	062				
212	陈国清	硕士	062	氟-硅-丙石质文物封护涂料的合成及性能分析	文物保护与考古科学	2009.21.4	
	邱建辉	副高	062				
	朱正柱	硕士	062				
	徐雷雷	硕士	062				
213	郑顺兴	中级	062	有机无机杂化涂料的防腐性能	涂料工业	2009.39.6	
	藏殿荣	硕士	062				
214	崔益华	教授	062	Fabrication and Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Wood Plastic Hybrid Composites	Journal of Applied Polymer Science	2009,112(3):1250-1257	
	陶杰	教授	061				
215	崔益华	教授	062	A new type of ductile composite reinforcing bar with high tensile elastic modulus for use in reinforced concrete structures	Canadian Journal of Civil Engineering	2009,36(4):672-675	
	陶杰	教授	061				

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
216	崔益华 金欣 沈峰 韩琛 汪家宝	教授 硕士 硕士 工程师 工程师	062 061 061 外单位 外单位	Fabrication and Characterization of In-Situ Synthesized Nano-CaCO ₃ Reinforced Polypropylene Composite Materials	Journal of Vinyl and Additive Technology	2009, 15(3):178-183	
217	薛峰 薛建军	硕士 教授	062 062	高度有序的 TiO ₂ 纳米管阵列光催化性能研究	环境科学学报	2009.29.6	
218	孙海波 薛建军	硕士 教授	062 062	HE99721 型 COD 测定仪专用试剂包的配制	理化检测(化学分册)	2009.45.6	
219	迟长云 薛建军	硕士 教授	062 062	B30 铜镍合金在海水中的电化学行为	材料保护	2009.42.8	
220	姚京君 薛建军	硕士 教授	062 062	硫酸钙处理含磷废水特性研究	水处理技术	2009.35.10	
221	孙婷婷 薛建军	硕士 教授	062 062	超声协同铁炭微电解处理印染废水	化工进展	2009.28 (增)	
222	孙婷婷 薛建军	硕士 教授	062 062	温度对 B10 铜镍合金在模拟海水中的电化行为的影响	功能材料	2009.40 (增)	
223	张海丽 薛建军	硕士 教授	062 062	电化学处理含铬废水及铬的回收研究	功能材料	2009.40 (增)	
224	何娉婷 薛建军 王玲	讲师 教授 高工	062 062 062	浅谈非化学类大学化学教学与大学生综合素质的培养	时代教育	2009.2	
225	薛峰 王玲 薛建军 包祖国 陶海军	硕士 高工 教授 硕士 讲师	062 062 062 062 062	CdS 修饰 TiO ₂ 纳米管阵列的制备及光催化性能研究	稀有金属材料与工程	2009.38.7	
226	石磊 王玲 薛建军	硕士 高工 教授	062 062 062	电化学还原合成木糖醇的研究	功能材料(增刊)	2009.40	
227	余颖 姬广斌 曹洁明 刘劲松 郑明波	硕士 教授 教授 讲师 博士	062 062 062 062 062	Facile synthesis, characterization and electrochemical properties of cusped deltoid CoO crystallites	Journal of Alloys and Compounds	2009. 471. 1-2	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
228	姬广斌 龚志红 朱文星 郑明波 廖书田 沈 凯 刘劲松 曹洁明	教授 硕士 学士 博士 硕士 副教授 讲师 教授	062 062 062 062 062 061 061 062	Simply synthesis of Co ₃ O ₄ nanowire arrays using a solvent-free method	Journal of Alloys and Compounds	2009. 476. 1-2	
229	常晓峰 姬广斌 隋 倩 黄 俊 余 刚	学士 教授 博士 副教授 教授	062 062 外单位 外单位 外单位	Rapid photocatalytic degradation of PCP-Na over NaBiO ₃ driven by visible light irradiation	Journal of Hazardous Materials	2009. 166. 2-3	
230	常晓峰 姬广斌 沈 凯 潘力佳 施 毅 郑有科	学士 教授 副教授 副教授 教授 教授	062 062 061 外单位 外单位 外单位	Fabrication of nanowire-like cuprous oxide in aqueous solutions of a triblock copolymer	Journal of Alloys and Compounds	2009. 482. 1-2	
231	龚志红 姬广斌 郑明波 常晓峰 戴伟杰	硕士 教授 博士 学士 硕士	062 062 062 062 062	Structural Characterization of Mesoporous Silica Nanofibers Synthesized Within Porous Alumina Membranes	Nanoscale Res Lett	2009. 4. 11	
232	郭 磊 姬广斌	硕士 教授	062 062	低维 Bi ₂ Te ₃ 基热电材料的研究进展	材料导报	2009. 23. 21	
233	孙艳艳 姬广斌 郑明波 常晓峰	硕士 教授 博士 学士	062 062 062 062	介孔钴铁氧体的合成及表征	2009 全国功能材料科技与产业高层论坛论《功能材料》	2009 年增刊(40)卷	
234	常晓峰 袁实 姬广斌	本科 本科 教授	062 062 062	NaBiO ₃ /BiOCl 复合材料的原位制备及光催化性能研究	持久性有机污染物论坛 2009 暨第四届持久性有机污染物全国学术研讨会		
235	姬广斌	教授	062	关于应用化学专业本科生创新人才培养的探讨	化工高等教育	2009. 2	
236	周振华 梅天庆	硕士 副教授	062 062	模板法制备层状锰酸锂正极材料及其掺杂改性研究	功能材料	2009 . 40 . 增刊	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
237	米常焕 曹艳霞 张校刚 力虎林	副教授 讲师 教授 教授	062 外单位 062 062	In situ synthesis of a CoSb ₃ /nano-carbon-web anode for Li-ion batteries	Solid State Communication s	2009.149.1 9-20	
238	陈胜尧 米常焕 苏凌浩 高 博 傅清宾 张校刚	硕士 副教授 博士 博士 硕士 教授	062 062 062 062 062 062	Improved performances of mechanical-activated LiMn ₂ O ₄ /MWNTs cathode for aqueous rechargeable lithium batteries	JOURNAL OF APPLIED ELECTROCHEMISTRY	2009.39.10	
239	刘 艳 米常焕 原长洲 张校刚	博士 副教授 博士 教授	062 062 062 062	Improvement of electrochemical and thermal stability of LiFePO ₄ cathode modified by CeO ₂	JOURNAL OF ELECTROANALYTICAL CHEMISTRY	2009.628.1 -2	
240	陈 田	硕士	061	计算机仿真实验在化学实验教学中的应用	实验室科学	2009, 6	
241	陈 田	硕士	061	浅谈有机化学实验课的细节教学	新课程研究	2009, 159	
242	谭淑娟 管先统 余慧娟 徐国跃	中级 学士 硕士 教授	062 062 062 062	填料形貌对涂层红外发射率的影响	复旦学报(自然科学版)	2009.48.5	
243	陶 弦 李月琴 徐慧华 王 宁 沈应中	博士 博士 博士 硕士 正高	062 062 062 062 062	Synthesis and characterization of organophosphine / phosphite stabilized <i>N</i> -silver(I) succinimide, Crystal structure of [(Ph ₃ P) ₃ ·AgNC ₄ H ₄ O ₂]	Polyhedron	2009.2.21	I
244	陶 弦 冯 猛 张毅颖 李月琴 王 宁 沈应中	博士 硕士 硕士 博士 硕士 正高	062 062 062 062 062 062	Synthesis and crystal structure of (SiCl ₃) ₂ Fe(CO) ₄	结构化学	2009.3	
245	王 燕 郭翠莲 郑和根 沈应中	博士 硕士 正高 正高	062 外单位 外单位 062	Synthesis and crystal structure of a novel heterometallic complex [Na ₂ Cu ₂ Gd ₂ (pdc) ₄ (H ₂ O) ₁₄ ·2H ₂ O]	结构化学	2009.1	
246	李月琴 陶 弦 徐慧华 沈应中	博士 博士 博士 正高	062 062 062 062	2-氯-3-氰基吡啶的合成及表征	精细化工	2009.9	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物.会议名称	年、卷、期	类别
247	从方地	副教授	062	Synthesis characterization and photostability of several soluble tetra(quinolin-8-yloxy) metallophthalocyanines	Inorganica chimica acta	2009.362	
	田栋梁	硕士	062				
	高军山	硕士	062				
	段文娟	硕士	062				
248	周建华	博士	062	Synergistic effect of RE ₂ O ₃ (RE=Sm, Eu and Gd) on Pt/mesoporous carbon catalyst for methanol electro-oxidation	Electrochimica acta	2009.54.11	
	何建平	教授	062				
	王 涛	博士	062				
	陈 秀	硕士	062				
	孙 盾	硕士	062				
249	周建华	博士	062	葡萄糖基碳包覆 ZnFeO 的合成及其红外发射率研究	无机材料学报	2009.24.5	
	王 涛	博士	062				
	王道军	硕士	062				
	何建平	教授	062				
250	王 涛	博士	062	有序介孔 C-AL ₂ O ₃ 纳米复合材料的合成及其红外发射率	物理化学学报	2009.25.10	
	周建华	博士	062				
	王道军	硕士	062				
	孙 盾	硕士	062				
	狄志勇	硕士	062				
	何建平	教授	062				
251	计亚军	硕士	062	添加过渡金属元素碳气凝胶的制备与性能	材料科学与工艺	2009.17.4	
	何建平	教授	062				
	周建华	博士	062				
	党王娟	硕士	062				
	刘晓磊	硕士	062				
	张传香	硕士	062				
	赵桂网	硕士	062				

文章编号:1673-2812(2009)02-0186-05

SiC 颗粒增强铝基复合材料的钎焊性

王少刚, 刘红霞

(南京航空航天大学 材料科学与技术学院, 江苏 南京 210016)

【摘要】 采用氩气保护炉中钎焊和真空钎焊两种试验方法, 对 SiCp/101Al 复合材料的钎焊性进行研究。结果表明, 通过选择合理的钎料和钎剂及采用正确的钎焊工艺参数, 可以实现对 SiCp/101Al 复合材料的钎焊连接。对获得接头进行力学性能测试, 表明钎焊接头的剪切强度随钎焊温度的升高而升高, 当达到一定值以后, 又随着钎焊温度的升高而降低。对接头钎缝区的 XRD 相结构分析中发现, 接头中含有 Al-Cu、Al-Si 共晶组织相, 并且有 SiC 相存在, 说明母材中有部分 SiC 增强相颗粒过渡到了钎缝之中, 有利于提高钎缝接头的力学性能。从钎焊接头的断口扫描照片中可以看出, 接头大部分都呈韧性断裂特征, 且大多数接头都断裂于靠近钎缝的母材部位, 说明钎焊接头的质量较高, 钎焊工艺可行。

【关键词】 铝基复合材料; 钎焊; 剪切强度; SEM; XRD

中图分类号: TG454

文献标识码: A

Brazability of SiC Particulate Reinforced
Aluminium Metal Matrix Composites

WANG Shao-gang, LIU Hong-xia

(College of Material science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

【Abstract】 The brazability of SiC particulate reinforced 101 aluminium alloy by means of both furnace brazing in controlled atmosphere and vacuum brazing is studied. Results show that brazed joint with good quality can be got by using the reasonable brazing filler metal and proper brazing flux and optimized brazing technology parameters. Mechanical property tests reveal that the brazed joint shear strength increases with the increase of brazing temperature, however, it gradually decreases when it attains the maximum value. XRD phase analysis indicates that there are Al-Cu, Al-Si eutectic, and SiC phases in brazed joint, and that some SiC reinforced particles have been transited to brazing seam, which is advantageous to improve the joint mechanical properties. SEM photos show that most joint fracture is tough, and located in base material near brazing seam, which demonstrates that the quality of SiCp/Al composites brazed joints is high and the brazing technology is feasible.

【Key words】 aluminium metal matrix composites; brazing; shearing strength; SEM; XRD

1 引言

碳化硅颗粒增强铝基复合材料具有高比强度、高比模量、低热膨胀系数、高尺寸稳定性、高耐磨性及良好的导热导电性、高温性能与疲劳性能, 且成分、性能可设计, 在航空航天、军工、汽车与电子等领域具有广泛应用前景^[1, 2]。由于复合材料的基体与增强体之间的物理、化学性能相差很大, 导致其焊接性较差, 因此焊接技术已成为其推广应用的主要障碍之一。各种常规的焊接方法由于其自身特点, 用

于连接 SiC 颗粒增强铝基复合材料时虽然取得了一定进展, 但都存在各自的不足^[3]。相比而言, 钎焊具有焊接温度低, 焊接变形小, 能减轻基体 Al 合金与增强相 SiC 颗粒之间的界面反应, 大大降低焊接过程对增强体的损伤等优点, 因此, 引起了国内外许多焊接研究人员的兴趣^[4], 对部分不同体积分数 SiC 增强颗粒与不同铝基体合金复合形成的材料进行钎焊连接研究^[5-8], 从已有的研究结果来看, 仍存在钎料对母材的润湿性、接头强度尚待提高等许多技术问题需要研究解决。基于此, 本文采用氩气保护炉中钎焊和真空钎焊两种试验方法, 研究 SiCp/101Al 复合材料的钎焊可行性。

收稿日期: 2008-05-27; 修订日期: 2008-07-21

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目 (BK2002094)

作者简介: 王少刚 (1966—), 男, 博士, 副教授, 主要从事铝基复合材料的连接。E-mail: sgwang@nuaa.edu.cn.

2 试验材料及方法

本文中试验母材为采用搅拌铸造法制备的微米级碳化硅颗粒增强铝基复合材料 SiCp/101Al,增强体 SiC 颗粒的平均尺寸为 $12\mu\text{m}$,增强相体积分数为 20%。基体 101Al 合金的主要化学成分见表 1。经实验测定,SiCp/101Al 复合材

表 1 基体 101Al 合金的主要化学成分

Table 1 Chemical Composition of 101Al alloy /wt%

Element	Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Ti+Zr	Be	Zn	Al
Content	6.5~7.5	0.3~0.5	≤0.45	≤0.2	≤0.35	≤0.15	≤0.1	≤0.2	Bal.

钎焊试验前,将铝基复合材料的连接部位用金相砂纸打磨,以去除试样表面的氧化膜,然后放在丙酮溶液中进行超声波清洗。采用搭接接头形式,搭接宽度约为 8mm。为了进一步改善钎料对母材的润湿性,以保证钎焊过程的顺利进行,实验时对接头部位施加 4.9N 的恒定压力。氩气保护炉中钎焊实验是在经过改装的 SX-10-14 型箱式电阻炉进行的,真空钎焊在 VOQ2-80 型双室真空淬火炉中进行。钎焊完成后,根据有关国家标准,在 CMT5105 型电子万能试验机上进行钎焊接头剪切强度实验;在 HXS-1000A 型显微硬度计上测定钎焊接头的显微硬度;在 Quanta200 型扫描电镜上观察接头试样的断口微观形貌;在 MM6 型金相显微镜上观察接头钎缝区的金相组织;采用 D8 Advance 型 X 射线衍射仪测定接头的相结构组成;采用 FEI Tecnai G2 型透射电镜观察钎缝区显微组织结构。

3 试验结果及分析

3.1 钎焊工艺对接头力学性能的影响

3.1.1 工艺参数对接头剪切强度的影响 根据试验母材和所选钎料的熔化温度范围,结合钎料对母材的润湿性试验结果,选择确定钎焊温度。在钎焊温度为 565~585℃ 范围内以每增加 5℃ 为一个试验点,保温时间在 3~15min 范围内以每增加 3min 为一个试验点进行钎焊试验,在两种工艺条件下,保持保温时间不变(分别为 5min 和 9min),测得钎焊温度对接头剪切强度的影响如图 1 所示。从图中可以看出,在两种钎焊工艺条件下,都是随着钎焊温度升高,钎焊接头的剪切强度逐渐提高,其中氩气保护炉中钎焊接头的剪切强度在钎焊温度 575℃、保温时间 5min 的条件下达到最大值,为 90MPa(约为母材强度的 64%),而真空钎焊接头的剪切强度在钎焊温度 575℃、保温时间 9min 的条件下达到最大值,为 70MPa(约为母材强度的 50%);之后随着钎焊温度的升高剪切强度又逐渐降低。因此,在本文中试验条件下,氩气保护炉中钎焊的最佳工艺参数为钎焊温度 575℃、保温时间 5min;真空钎焊的最佳工艺参数为钎焊温度 575℃、保温时间 9min。

对比两种不同钎焊工艺获得接头还可以发现,当温度较低时,真空钎焊获得接头的剪切强度较低,而氩气保护炉

料母材的剪切强度约为 140MPa。采用电火花线切割方法把试样加工成尺寸为 50mm×20mm×2mm。钎焊工艺实验选用铝基钎料 BA167CuSi 作为填充材料,其化学成分为(wt%):Si-6、Cu-28、Al-Bal.,熔点为 525~535℃。氩气保护炉中钎焊时,为了保证更充分地去除氧化膜,选用 QJ201 为钎剂,其化学组成为:32%LiCl,50%KCl,8%ZnCl₂,10%NaF,钎焊温度为 450~620℃。

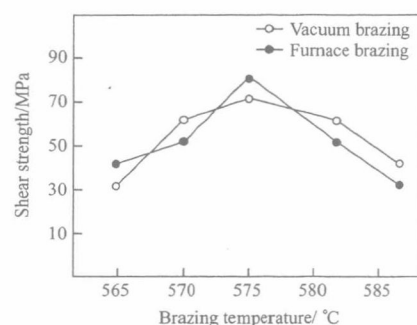


图 1 钎焊工艺参数对接头强度的影响

Fig. 1 Effect of brazing technology parameters on joint strength

中钎焊获得接头的剪切强度相对较高,但当达到较高温度(580℃)以后,真空钎焊获得接头的剪切强度下降程度较小,接头剪切强度要比氩气保护炉中钎焊接头的强度高。这是因为,在真空钎焊试验时,试样是在炉内没有加热的条件下放入炉中的,相对于保护气氛炉中钎焊来说,加热和冷却时间较长,缓慢加热和冷却有利于接头组织的均匀化,因此,接头强度下降相对要缓慢些。不过,从总体上来看,两种接头的剪切强度仍是在可接受的范围内,一般能够满足实际使用要求。

3.1.2 钎焊工艺对接头显微硬度的影响 图 2 为两种试验方法所获得接头的显微硬度分布对比。图中表明,氩气保护炉中钎焊获得接头的显微硬度要比真空钎焊获得接头的显微硬度整体偏高些。分析其原因,这是由于真空钎焊接头的冷却速度要比保护气氛钎焊的冷却速度要慢得

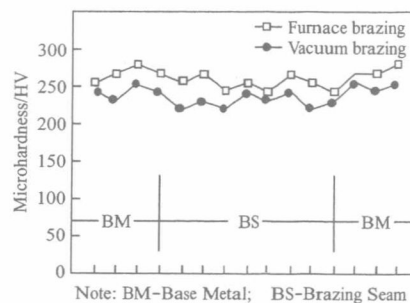


图 2 两种试验条件下接头显微硬度对比

Fig. 2 Joint microhardness curve with different brazing technology

多,所以其组织要比保护气氛钎焊接头的组织均匀,但由于保温时间较长,使得其组织略显粗大,所以力学性能相对下降一些。

3.2 钎焊接头微观分析

3.2.1 金相组织观察 在两种最优工艺参数条件下获得钎焊接头界面的微观组织形貌分别如图3(a)、(b)所示。从图3中可以看出,钎缝组织致密,未发现气孔、夹杂和微裂纹等缺陷。分析可知,在钎焊过程中,接头近缝区母材由于Si浓度的变化引起其液相线下降,导致部分母材发生熔化。熔化的母材在随后的冷却结晶过程中,由于SiC为闪锌矿结构,初生 α -Al相为面心立方结构,两者的晶体结构相差较大,SiC不能成为形核中心而被排斥推向尚未凝固的钎缝界面区,使得靠近母材一侧先结晶的金属中含SiC颗粒较

少,形成SiC颗粒贫化区,而被排斥的SiC颗粒则在钎缝界面附近聚集形成SiC颗粒聚集区^[6,7],如图3(a)所示。真空钎焊时,母材中的Si扩散到钎缝界面区,形成了Al-Si共晶组织,而且钎缝区域的大部分SiC颗粒都存在于共晶体内。这是由于初生 α -Al相的析出,会不断向熔体内排出溶质Si元素,这样SiC颗粒周围熔体内的Si元素浓度要远高于金属熔体内的平均Si浓度。由于合金元素Si为金刚石结构,与SiC的晶体结构比较接近,这样SiC颗粒便充当共晶Si的异质形核基底,共晶Si在SiC表面优先形核长大,如图3(b)所示,Si相在SiC与Al相之间起到了一种连接桥梁的作用,这种连接作用有利于改善钎缝界面的结合质量。不过,钎缝中如形成过量的Si易使接头脆性增加,导致接头强度降低,因此,钎焊时应严格控制工艺参数。

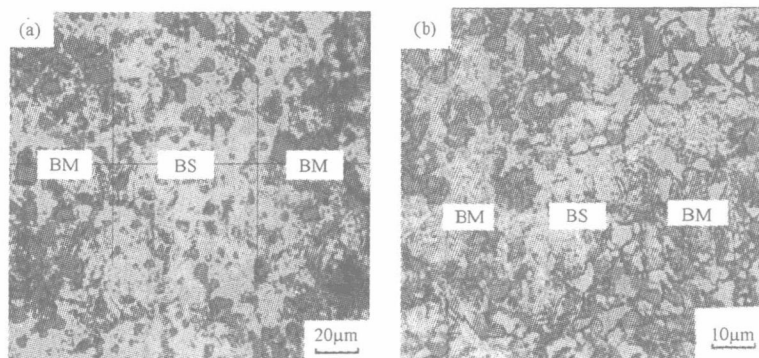


图3 SiCp/101Al钎焊接头微观组织 (a) 氩气保护炉中钎焊;(b) 真空钎焊
Fig. 3 Microstructure of SiCp/101Al brazed joints (a) furnace brazing shielded by argon; (b) vacuum brazing

3.2.2 接头断口 SEM 观察 为了进一步分析钎焊接头的断裂机理,用扫描电镜观察接头断口形貌,拍摄两种钎焊工艺获得接头的断口扫描照片分别如图4(a)、(b)所示。由图中可以看出,接头断口处有大量的韧窝存在,整体来说倾向于呈韧性断裂特征。这是由于在钎焊过程中,钎料与母材中的合金元素之间发生了互扩散,在钎缝中形成了少量的共晶体,相互之间呈现冶金结合状态;另外,母材中的部分SiC颗粒过渡到了钎缝之中,使得钎缝中存在一定量的增强体SiC颗粒,在一定程度上提高钎焊接头的强度。接头剪

切强度试验发现,大部分接头的断裂都发生在靠近钎缝的母材部位。造成接头断裂的主要原因是母材中的SiC颗粒与基体铝合金局部微连接处的弱化,以及接头近缝区内高浓度的Si也易使基体发生脆化。一般钎焊温度越高、保温时间越长,共晶Si聚集长大的倾向越明显,所以真空钎焊接头强度要比氩气保护炉中钎焊接头强度要低些。

3.2.3 接头X射线衍射相结构 在最优工艺参数条件下获得的真空钎焊接头X射线衍射谱线如图5所示。图中表明,接头钎缝中主要含有Al、Si、SiC、CuAl₂等组成相。显

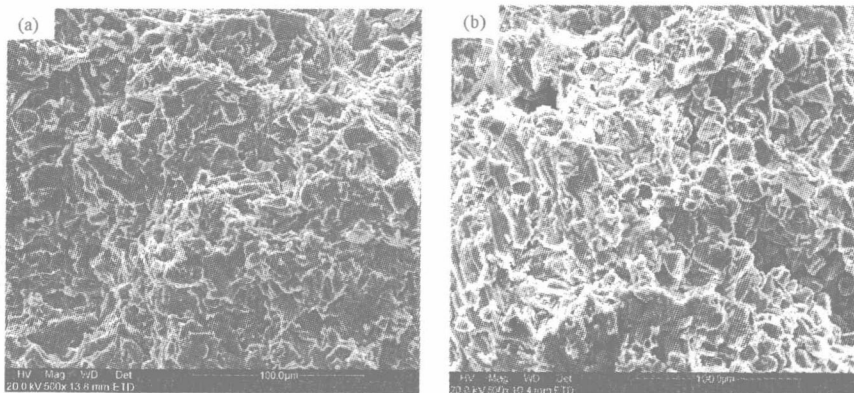


图4 钎焊接头断口扫描照片 (a) 氩气保护炉中钎焊;(b) 真空钎焊
Fig. 4 SEM photos of joints fracture (a) furnace brazing shielded by argon; (b) vacuum brazing

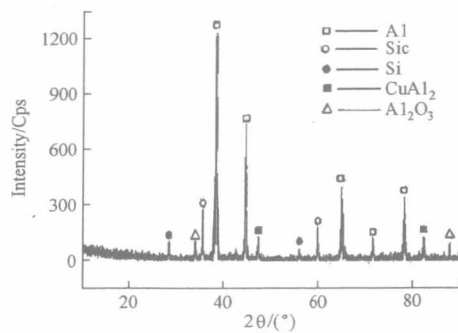


图 5 真空钎焊接头 X 射线衍射曲线

Fig. 5 X-ray diffraction curve of vacuum brazing joint

然,其中的 Al、Si 相是由母材和钎料中而来;SiC 是由母材中过渡而来;少量的 CuAl_2 相可能直接由钎料而来,也可能是钎料熔化后与母材中合金元素发生反应相变而形成的。钎焊时,钎料中的 Cu 元素扩散到基体中,而母材中的 Si 元素扩散到了钎缝中,并与基体中的 Al 通过共晶反应方式结合。此外,与氩气保护炉中钎焊获得接头有所不同,在真空钎焊接头的 X 射线衍射谱线中还发现有微量的 Al_2O_3 相存在,这可能是由于真空钎焊时,没有像氩气保护炉中钎焊时

加入了钎剂,没有钎剂的辅助去膜作用,在加热前的抽真空过程中,原始母材表面存在的氧化膜,在随后的钎焊过程中,虽然氧化膜随着液态钎料的流动被推向钎缝边界,但是仍有少量的 Al_2O_3 氧化膜没有能够被完全推出,冷却结晶后残留在了接头钎缝之中。从力学性能测试结果来看, Al_2O_3 相的存在并未对钎焊接头的性能产生大的不良影响。

3.2.4 接头透射电镜观察 对钎焊温度为 575°C 、保温时间为 5min 钎焊条件下获得的氩气保护炉中钎焊接头进行透射电镜微结构观察。在钎焊加热过程中,母材中的增强相发生了部分过渡,这是由于复合材料的基体界面发生了剥离,一般认为 SiC 颗粒是从铝基体上剥离下来的,如图 6(a)所示;也有可能是 Al-Si 共晶组织和 Al 基体发生的剥离,如图 6(b)所示。剥离后将在界面处产生空洞、空隙,成为裂纹的发源或终止地。接头钎缝区内的 Al-Si 共晶组织为柱状结构,如图 6(c)所示,作为第二相也成为了钎缝基体金属的增强相。钎缝中 SiC、Al-Si 共晶组织等增强相的存在,对位错运动特别是短程滑移会产生强烈的阻碍作用,从而使接头受到应力作用时微塑性变形不易产生,有利于提高钎缝接头的力学性能。

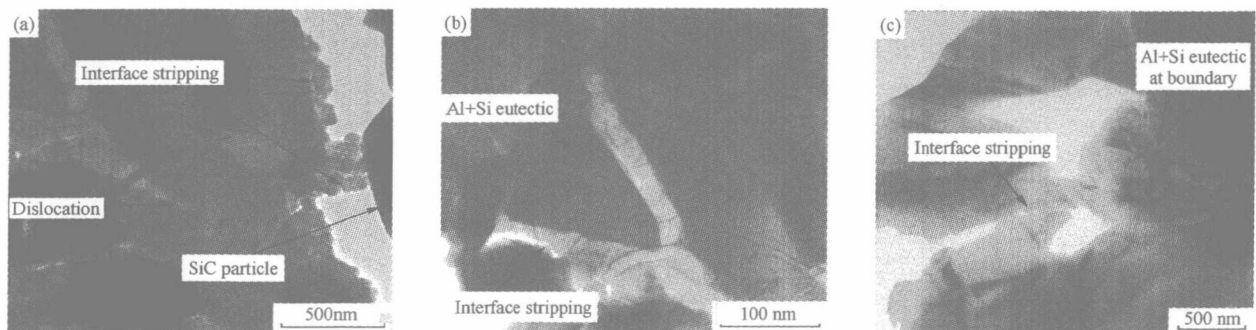


图 6 钎缝区显微组织透射电镜照片 (a) 界面剥离 1; (b) 界面剥离 2; (c) Al-Si 共晶组织

Fig. 6 TEM photos of brazing seam structure (a) a kind of interface stripping; (b) another interface stripping; (c) Al-Si eutectic

4 结 论

1. 采用氩气保护炉中钎焊和真空钎焊两种工艺在一定程度上都可实现 SiCp/101Al 复合材料的连接。钎焊接头的剪切强度都是随钎焊温度的升高而升高,当达到一定值以后,又随着钎焊温度的升高而降低。氩气保护炉中钎焊,在钎焊温度 575°C 、保温时间 5min 的条件下,获得的钎焊接头剪切强度为 90MPa,可达到母材强度的 64%。真空钎焊试验中,在钎焊温度 575°C 、保温时间 9min 的条件下,获得钎焊接头的剪切强度为 70MPa,可达到母材强度的 50%。

2. 在钎焊过程中钎料熔化,熔态钎料对母材进行润湿、铺展并与母材中的合金元素发生互扩散,发生共晶反应。钎料中的 Cu 元素扩散到基体中,而母材中的 Si 元素扩散到了钎缝中,并与基体中的 Al 通过共晶反应方式结合。由于 Si 具有与 SiC 相似的晶体结构,钎缝界面上的 Si 以 SiC 作为异质形核基底而形核长大,这样 Si 相在 SiC 与 Al 相之间

起到了一种连接桥梁的作用,这种连接作用改善并提高了钎缝界面的结合质量。

3. 从钎缝区的 XRD 相结构分析中发现,接头中含有 Al-Cu、Al-Si 共晶组织相,并且有 SiC 相存在,说明母材中有部分 SiC 增强相颗粒过渡到了钎缝之中,有利于提高钎缝接头的力学性能。从钎焊接头的断口扫描照片中可以看出,接头大部分都呈韧性断裂,而且大多数接头断裂于靠近钎缝的母材部位,说明钎焊接头的质量较高,钎焊工艺可行。

参 考 文 献

- [1] 桂满昌,王殿斌,张洪,颜鸣皋,李昊,周彼德. 颗粒增强铝基复合材料的制备及应用[J]. 材料导报,1996,(3):65~71.
- [2] 任家烈,吴爱萍. 先进材料的连接[M]. 北京:机械工业出版社,2000,176~178.
- [3] Ellis M B D. Joining of aluminium based metal matrix composites [J]. Int Mater Rev, 1996, 41(2): 41~58.

(下转第 265 页)