

铝硅系铸造 Al 合金的原位统计分布分析

前言

铝及铝合金由于其强度高,可代替某些钢铁材料,减轻机械产品的重量,因此被广泛应用于化工、机械、电子、仪表、轻工、航空、航天等部门。其中 Al-Si 系铸造铝合金具有良好的铸造性能,经变质和热处理后,表现出良好的力学性能、物理性能、抗蚀性能和工艺性能,而且质量轻,比强度高,是铝制汽车、摩托车轮毂的首选材料。但在 Al-Si 系合金生产过程中,一些合金元素很容易在晶粒内部、晶间以及组织的不同部位产生成分的不均匀现象,导致产品的切削加工性能变坏和机械性能降低,因此,铝硅系铸造铝合金的元素偏析的准确测定对于铝合金的质量控制,改进生产工艺具有重要意义。

主要仪器与参数

原位统计分布分析对于钢铁材料中偏析、疏松和夹杂物的分析已有了大量的应用研究,而对于有色金属的成分分布分析的研究还有待进一步研究。本文针对 Al-Si 系合金,将金属原位分析仪的各项参数进行了优化,实现了 Al-Si 系压铸合金样品中元素成分和状态的原位统计分布分析。所以仪器为 OPA-100 金属原位分析仪(钢研纳克检测技术有限公司),激发频率为 500Hz,采用纯钨电极和高纯氩气;样品扫描方式为面扫描。测定元素为 Si、Cu、Fe、Mn 和 Ti。含量比对用仪器为 LAB SPARK 750c 火花光谱仪(钢研纳克检测技术有限公司北京纳克分析仪器有限公司)。

样品制备

压铸铝合金样品为 40*60*25mm 的块状,所用 Al、Si 合金光谱标样为西南铝业有限公司公司研制,用铣床将待测样品和光谱标样表面氧化层去掉,制备出有整齐纹路、光洁且无污染的分析表面。采用 OPA100 对待分析面进行逐行扫描分析,扫描面积为 30×14mm,扫描区域如图 1 所示。光谱标样的扫描面积为 20×20mm,扫描区域如图 2 所示。

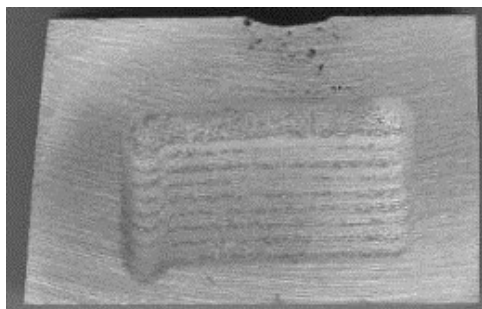


图 1 样品扫描区域

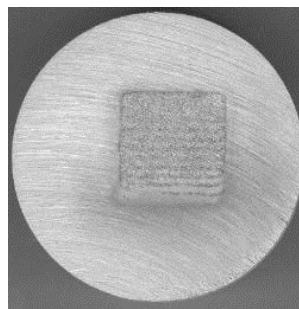


图 2 标样扫描区域

分析结果

为了实现 Al-Si 系合金成分分布的准确定量分析,必须消除基体 Al 和其他第三元素的干扰,采用类型匹配的标准样品,因此本实验优选了一套成分和含量范围均与待测样品较为接近的硅铝合金光谱标样 E921b-E926a 系列,在优化的仪器条件下,采用 OPA100 重新绘制一套新的适合 Al-Si 系合金定量分析的工作曲线。对待测铝合金样品的中心区域采用 OPA100 进行了 3 次定点测定,获得中心区域含量的平均值,同时采用专门分析有色金属基体的 LAB SPARK 750c 火花光谱仪对样品同一区域进行了定点测定,其分析结果如表 1 所示。从分析结果可知,两种仪器所测的 Si、Fe、Cu、Mn 和 Ti 含量具有较好的一致性,可见采用 OPA100 在选定的条件下能够实现 Al 合金中 Si、Fe、Cu、Mn 和 Ti 的准确测定。

表 3 OPA100 与 LAB SPARK 750c 单点测定结果比较 (%)

样品原号	11		15	
元素	OPA100 测定值	LAB SPARK 750c 测定值	OPA100 测定值	LAB SPARK 750c 测定值
Si	10.178	10.225	10.531	10.858
Cu	1.584	1.526	1.608	1.548
Fe	0.950	0.898	1.012	0.972
Mn	0.259	0.272	0.238	0.254
Ti	0.033	0.036	0.036	0.039

采用 opa100 对待测样品进行了扫描分析, 各元素的二维成分分布图如图 1 所示。原位统计分布结果如表 2 所示。可知样品中 Si, Cu 的偏析都不严重, 但是对于 Fe、Mn 两个元素, 两块样品均存在明显的偏析, 且 Fe、Mn 的成分分布极其相似。采用通道合成的方法考察了 Fe、Mn 元素异常火花信号同时出现的频数, 发现大部分区域 Fe、Mn 的异常火花同时出现, 可以推断, Fe、Mn 在该合金中是以某种特点组成的化合物的形式存在于 Al 合金中的。采用扫描电镜结合能谱观察了压铸铝合金的微观组织结构, 发现样品中含有大量的球状多面体 (图 2), 其主要成分除 Al、Si 外主要为 Fe 和 Mn, 导致了 Fe、Mn 分布的一致

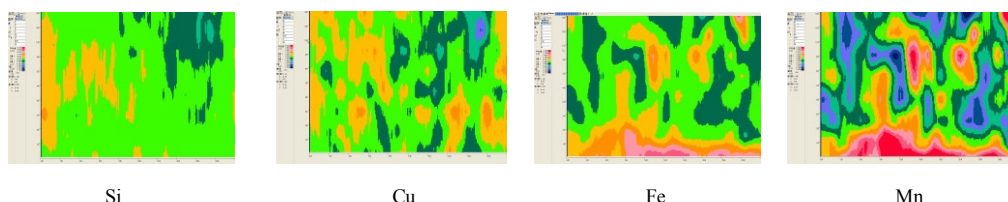


图 1 样品 Si, Cu, Fe, Mn 元素成分二维分布图

表 4 11 号样品的原位统计表征值

元素	平均含量 (%)	最大偏析	(X, Y)	统计偏析度	统计符合度
Si	10.201	1.090	0.64, 4.01	0.0601	90.82
Fe	0.922	1.232	18.35, 0.05	0.1058	84.42
Cu	1.573	1.141	31.89, 8.03	0.0845	83.34
Mn	0.263	1.490	18.67, 0.05	0.2696	71.45
Ti	0.034	1.066	31.89, 13.95	0.0346	100.00

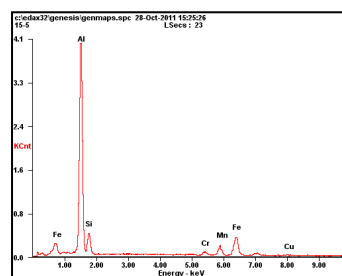


图 2 样品中球状多面体的形貌和微区成分

结论

首次采用 opa100 对压铸铝合金样品进行了成分和状态分布分析, 对于压铸 Al 合金中的重要组成元素 Si、Fe、Cu、Mn 和 Ti 进行了偏析的定量表征, 所得平均含量与火花光谱仪具有良好的比对。同时也对 Fe、Mn 元素的存在状态进行了通道合成分析, 发现了 FeMn 相的存在, 该结果对于评估铸造 Al 合金的质量和性能, 改进 Al 合金的生产工艺具有重要意义。