

电磁场作用下铝及其合金的凝固结晶行为^①

严珩志 钟 掘 毛大恒 赵啸林

(中南工业大学机电工程学院, 长沙 410083)

摘 要 实验查明了电磁搅拌对铝及其合金的凝固结晶行为的影响: 参数合适的电磁场可起到细化凝固组织、加速凝固进程、减少偏析的良好作用。铸轧工业试验结果证明, 电磁搅拌可使铸轧板坯组织细化到1级晶粒度。

关键词 电磁搅拌 铝 晶粒

电磁搅拌作为改善铸坯组织的手段在黑色金属连铸中已得到了广泛的应用, 而在有色金属连铸中的应用尚未见报导。本课题组提出了用电磁力搅拌弱磁质物质——铝熔体, 改善铸轧坯品质的设想, 并在实验室与工业现场对电磁场作用下铝及其合金的凝固结晶行为进行了探讨。

1 实验结果与分析

1.1 实验条件

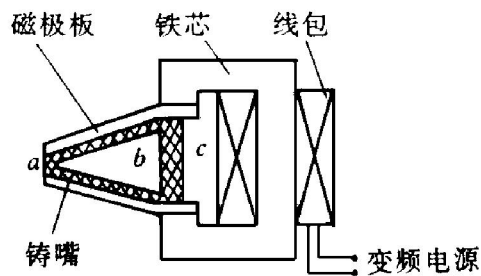
电磁场发生系统由变频电源(频率、电流可变范围分别为0~50 Hz、0~40 A)、感应线包、磁极板组成, 铸模材料为美国进口陶瓷, 铸模置于两磁极板间, 浇嘴设置在铸模侧面, 如附图所示。铝材用坩埚装着放入电阻炉加热熔化, 纯铝L2浇注温度为720℃, 3004及LY12合金浇注温度为740℃。

1.2 电磁场参数与晶粒细化的关系

1.2.1 电磁场频率与晶粒细化的关系

仅从搅拌细化晶粒的机理来说, 搅拌频率高, 枝晶碎断的间隔时间短, 碎断的枝晶会更细, 单位凝固时间内碎断的枝晶会更多, 更有利于晶粒增殖。但实际上高频率电磁搅拌难以实现, 其原因: 一是高频电磁场会在金属熔体表面产生集肤效应; 二是流体本身有一机械性

缓和特性, 外加感应电磁场周期必须大于其机械性缓和才能起到搅拌作用, 鉴于此, 电磁搅拌频率一般较低(20 Hz以下)。对附图实验装置浇铸工业纯铝时的机械性缓和进行计算, 结果为0.06 s, 则外加电磁场频率应小于16.67 Hz。以下通过实验来考证, 磁场强度保持一定, 在不同电磁场频率下进行浇铸, 从铸件试样低倍金相组织可以看出: 晶粒细化效果与电磁场频率密切相关, 本实验最佳细化效果对应的电磁场频率为15 Hz, 与前面所作理论预测相符。



附图 实验装置示意图

1.2.2 电磁感应强度与晶粒细化的关系

电磁搅拌频率采用9 Hz, 在附图中b点电磁感应强度分别为 2.8×10^{-2} 、 4.3×10^{-2} T条件下对工业纯铝L2进行浇铸实验; 对应两种磁场强度, 铸坯组织晶粒度分别为4级、2级。其内在机理可能是磁场强度增大, 熔体的流动

^① 收稿日期: 1995-10-06; 修回日期: 1996-01-23 严珩志, 男, 32岁, 博士后

加强,对枝晶碎断作用、游离作用增强,有助于更好地抑制凝固前沿晶粒生长、增加晶核、均匀温度,使凝固在较大的体积范围内同时进行,细化晶粒的效果增强。

1.3 电磁搅拌对铝合金凝固进程的影响

电磁感应器励磁电流为 10 A、频率为 15 Hz,在熔体中通 7 A 直流电,浇铸合金 LY12,用热电偶测试凝固结晶过程温度变化,并用示波器记录。在无电磁场(但仍在熔体中通 7 A 直流电)作用下做同样实验。从实验结果可知:本实验有电磁场作用下 LY12 合金凝固时间缩短了 68.2 s,凝固开始与終了温差减小了 1.5 °C,即 LY12 合金固相线与液相线距离缩短了。此结果是电磁搅拌使金属凝固前沿的元素扩散能力加强、结晶速率加快所致。

1.4 电磁搅拌对成分偏析的影响

在此进行了有、无电磁场作用两种条件下 3004 合金的浇铸实验,励磁电流为 11 A、9 Hz,对铸坯三个位置钻孔取样进行成分分析,结果表明,在磁场作用下 3004 合金铸坯中 Fe、Mn、Mg、Si 元素偏析率(分别为 2.13%、

1.45%、1.55%、3.39%)均较无电磁场作用时小(分别为 4.26%、3.39%、3.18%、6.90%)。作者认为电磁搅拌减小偏析的机理是:电磁搅拌减小了液、固相线距离和熔体冷却梯度,强化了溶质元素流动,加强了枝晶游离,从而减小了偏析。

1.5 电磁铸轧工业试验结果

在西北铝加工厂进行了工业纯铝的电磁铸轧试验,实验条件:铸材为 L135,熔体温度为 705 °C,铸轧速度 14.7~15.3 mm/s,铸坯厚 7.2 mm。结果表明:在磁场搅拌作用下所得铸轧坯组织晶粒度可达 1 级,达到了使用进口铝钛硼变质剂的效果。

2 结论

电磁搅拌作用于铝及其合金凝固过程时,增大电磁感应强度可加强细化晶粒效果,而达到最佳细化效果,有一最佳电磁场频率。研制的电磁场发生系统用于铝板铸轧过程,可使铸轧坯组织达到 1 级晶粒度。

SOLIDIFICATION AND CRYSTALLIZATION OF ALUMINUM AND ITS ALLOYS UNDER CONDITION OF ELECTROMAGNETIC STIRRING (EMS)

Yan Hengzhi, Zhong Jue, Mao Dahan, Zhao Xiaolin

*College of Mechanical and Electrical Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083*

ABSTRACT The test result of solidification of aluminum and its alloys with EMS showed that, the EMS with suitable parameters can add the number of crystal, and reduce the time of solidification and the ratio of segregation. The industrial experiment proved that the crystal degree of roll-casting plate reached 1 degree using EMS.

Key words electromagnetic stirring aluminum crystal

(编辑 彭超群)