

轧辊堆焊修复残余应力沿径向分布的有限元分析

邓震伟

(广东冠邦科技有限公司 广东 佛山 528311)

摘要:本文通过运用大型通用有限元分析软件对轧辊堆焊进行了数值模拟分析,研究从轧辊表面到体芯沿径向的焊接残余应力应变的分布规律。分析过程中采用分析软件的 APDL 语言编写程序,应用 JMatPro 软件模拟计算并获得焊接材料的热物理性能参数,运用“生死”单元技术,通过控制单元的“死亡”、“激活”解决对焊缝金属填充过程的模拟,实现焊接热源移动加载的动态过程,计算所得到的应力分布符合不考虑组织相变应力的影响情况下的应力分布。

关键词:轧辊堆焊;有限元;数值模拟;“生死”单元格

绪论

本论文的主要内容是运用有限元分析软件对轧辊堆焊过程进行数值模拟分析,考虑材料热物理性能参数与温度的非线性关系,以“生、死”单元技术为出发点,通过对单元的“生”、“死”的控制,来实现焊缝的填充过程,提出了对轧辊堆焊过程进行了计算机的实时动态数值模拟的具体方法,研究从轧辊表面沿径向到芯部方向的焊接残余应力应变的分布规律。获得的有限元分析结果有利于我们更准确地了解轧辊在堆焊修复和使用过程中的应力状态分布。这对于轧辊修复中的焊接材料选用、焊接工艺设计以及焊后热处理工艺设计等方面有指导作用,同时也有助于优化轧辊制造的结构设计和工艺设计,从而减少试验工作量,提高堆焊轧辊的质量,减少轧辊维修费用。

1 轧辊环形表面堆焊的有限元分析

焊接过程的有限元分析的基础是焊接热的瞬态分析,瞬态热分析的主要步骤是:前处理、中间处理和后处理。

分析模型假设:(1)材料为各向同性;(2)忽略电弧对焊件的辐射作用;(3)忽略熔池流体的流动作用;(4)简化电弧的热对流,将有效的电流热直接施加到焊缝中。

1.1 材料热物理特性参数

有限元模型的构建与求解都与材料的物理性能参数息息相关,而这些物理性能参数都是随温度的变化而变化的,而且是非线性的,这使得焊接过程的数值模拟变得非常复杂。通用性手册给出的大都是室温下的材料性能参数,只能满足室温或略高于室温条件下的设计计算,根本不能适用于具有急速温度变化的焊接过程的有限元分析计算。本论文使用 JMatPro 软件计算模拟获得母材和熔敷金属的随温度变化的热物理性能参数,所得数据更为适合用于有限元分析。

1.2 创建有限元模型

轧辊堆焊修复工艺为:采用埋弧焊,与基体接触的底层采用软层做过渡层(GS113-S),软层上再堆焊工作层(Diamond 320-L),直到其直径恢复到原始尺寸。轧辊堆焊示意图如下(图1)

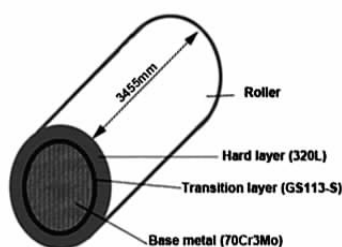


图1

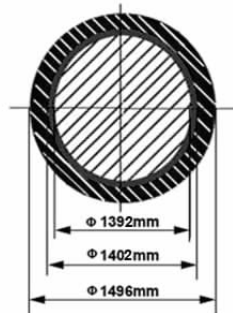


图2

1.3 实体模型的网格划分

焊接过程是一个极不均匀的热过程,电流能量密度集中,在焊缝区温度梯度变化很大,在远离焊缝区,能量来不及传递,温度梯度变化小。根据这一特点再综合考虑计算结果精度及运算时间,将模型进行梯度划分,焊缝及其附近区域网格划分密,远离焊缝区域网格划分疏。见图2。

1.4 中间处理

中间处理包括:求解设置、热源加载与求解三大块。主要的求解设置有:定义热-结构耦合场分析、设定瞬态热分析的初始条件、设

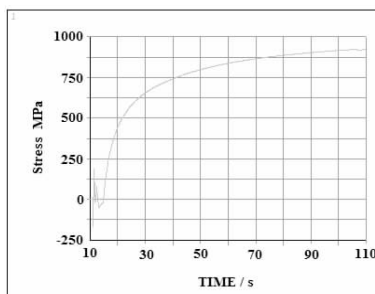


图3-1 焊接轴线上距离起焊点 66.3mm 处应力随时间变化的曲线

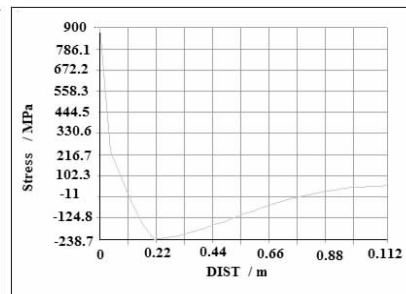


图3-2 距离起焊点 230.3mm 处周向应力沿径向分布的曲线

1.5 后处理

后处理主要是对模拟分析所获得的结果数据进行查看和分析,或得需要的曲线、云图、等值面等。

2 计算结果与分析

通过对实际轧辊堆焊过程进行数值模拟,在时间历程后处理中调取焊缝轴线上距离焊接开始点 66.3mm 处的节点的沿焊缝轴线方向的应力曲线(见图3-1),焊接热源施加在包含该节点的单元时,焊缝膨胀,对节点产生压应力,热源到达时焊缝区金属熔化,压应力迅速减小,热源撤离后,焊缝温度降低,单元收缩,而焊缝表面和母材约束它的收缩,于是形成拉应力区。

读取最后载荷步求解结果,定义路径为焊接轴线上距离起焊点 230.3mm 处焊缝表面到轧辊体芯,将结果映射到路径上得到周向应力(即沿焊缝轴线的应力)沿径向的分布曲线(见图3-2)。从图3-2看出,焊缝区受拉应力,热影响区受压应力,芯部受拉应力,这与不考虑固态组织相变应力影响时的焊缝应力分布规律基本相符合。

3 结论

3.1 通过 Jmatpro 软件获得更为完整的材料热物理性能参数(特别是高温时),弥补了物理性能参数数据不足的缺陷,大大提高了模拟精度。

3.2 采用更接近实际的“生死”单元技术,更精确的模拟了焊接温度场在焊接全过程的焊缝金属的填充过程。

3.3 温度场分布和应力分布规律基本符合不考虑固态组织相变应力条件下的实际焊接过程的温度和应力分布,说明本文提出的模拟分析方法是切实可行的。