

基于 ANSYS 的定子铁心退机座过程有限仿真分析

襄阳中车电机技术有限公司 吴望群, 李荡, 曾巍

以某型号永磁同步驱动电机的定子铁心及机座为研究对象, 通过设定不同的烘焙加热温度, 利用 ANSYS 有限元分析软件模拟了定子铁心退机座过程中定子铁心与机座之间瞬态受力过程, 得出退机座过程中定子铁心与机座之间产生的压力随加热温度的变化曲线, 可知随温度的升高定子铁心与机座之间产生的正压力越小, 正压力减小的幅度也越变越小, 为实际操作工艺提供了参考依据。

一、前言

目前新能源电机一般都采用水循环冷却系统, 在气密性检测过程中有时会出现机座漏水的情况, 当个别微小气孔出现在机座两端时, 往往可以通过过程修补达到满足气密性的条件。但是当微小气孔较多或者微小气孔出现在机座内壁中部时, 一般情况都是将定子铁心从机座中退出后更换机座。目前本公司将定子铁心从机座中取出的方法一般都是采用将机座沿轴向铣一道缺口, 然后将嵌线定子从机座中退出。在实施过程中存在如下风险点: 一是在机床上装夹过程需要专门夹具, 并且需要进行找正, 在此过程中可能碰伤绕组端部绝缘; 二是在铣削过程中金属杂质可能掉入绕组端部, 若清理不干净, 在以后电机运行过程中杂质可能掉入定转子之间, 导致定转子之间发生刮蹭。现考虑直接将定子铁心从机座中退出, 就可以规避掉上述两个风险点, 但是直接退机座就需要考虑定子铁心与机座之间产生的压力大小。本文利用 ANSYS 有限元分析软件模拟了不同加热温度下铁心退机座过程中受力变化情况, 得出了不同加热温度下铁心退机座过程中的受力变化趋势。

二、过盈配合正压力理论计算

定子铁心与机座配合属于过盈配合, 如图 1 所示, 过盈配合是将两个厚壁圆筒套合在一起, 外筒内经略小于内筒外径, 即存在过盈量 δ 。装配后, 两圆筒接触面上会因为变形而产生相互压紧的装配压力 P , 装配压力 P 与过盈量 δ 的关系由式 (1) 确定。

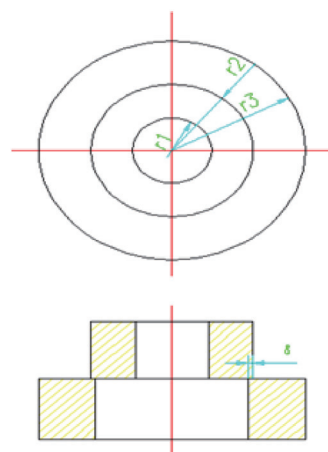


图 1 压装示意图

$$P = \frac{\delta}{r_2 \left[\frac{1}{E_i} \left(\frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - \mu_i \right) + \frac{1}{E_o} \left(\frac{r_3^2 + r_2^2}{r_3^2 - r_2^2} - \mu_o \right) \right]} \quad (1)$$

式中 E_i 、 μ_i 为内筒材料的弹性模量和泊松比； E_o 、 μ_o 为外筒材料的弹性模量和泊松比。

永磁同步驱动电机定子铁心及机座参数如表 1 所示。

表 1 定子铁心及机座参数

名称	内径	外径	弹性模量	泊松比	密度
定子铁心	$\Phi 300^{+0.065}_{-0.026}$	$\Phi 400^{+0.151}_{+0.062}$	2E11Pa	0.3	7850kg/m ³
机座	$\Phi 400^{+0.093}_{-0.15}$	$\Phi 450$	7.1E10Pa	0.33	2770kg/m ³

根据表 1 得出最大过盈 $\delta=0.301\text{mm}$ ；将 δ 及表 1 中数据带入式 (1) 可得装配压力 P 为 $5.7 \times 10^8\text{Pa}$ 。

那么同样可得出，定子铁心退机座时冷态压力也为 $P=5.7 \times 10^8\text{Pa}$ 。

三、有限元仿真分析

1. 仿真平台搭建

本次仿真采用稳态热力学分析与瞬态分析联合进行，先进行不同温度下稳态热力学分析，然后将稳态热力学分析结果导入到瞬态分析中进行瞬态力学分析，搭建仿真平台如图 2 所示，分析结构树模型如图 3 所示。

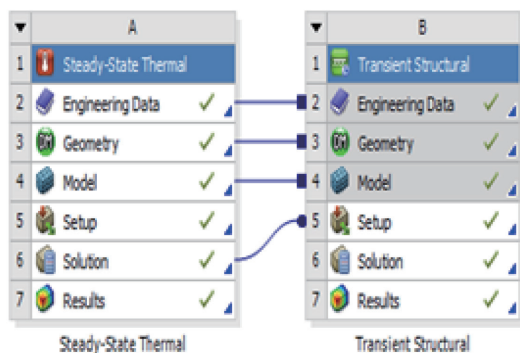


图 2 仿真平台

2. 材料参数设置

根据定子铁心与机座的材质，两种模型的材料参数分别参照硅钢片及铝合金进行设置，具体参数设置如表 2 所示。

表 2 定子铁心及机座的材料参数

名称	弹性模量 Pa	泊松比	密度 /kg/m ³	热膨胀系数 /°C
定子铁心	2E11	0.3	7850	1.2E-5
机座	7.1E10	0.33	2770	2.3E-5

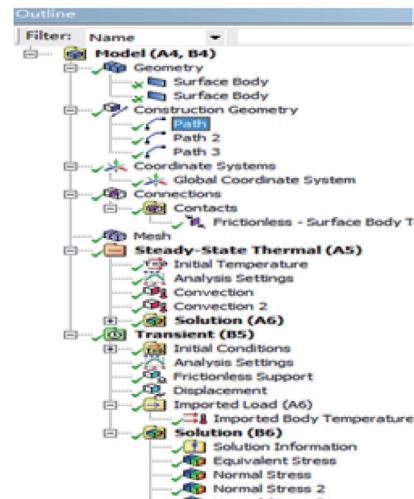


图 3 仿真过程结构树模型

3. 仿真模型建立及网格划分

考虑到仿真的时效性以及分析效果的直观性，将定子铁心与机座模型简化等效为 2D 模型，采用定子铁心入机座示意图。根据表 2 材料参数，在有限元分析软件 ANSYS 中分别为定子铁心和机座设定材料参数，然后进行有限元网格划分，如图 4 所示。约束条件为将机座底面固定，机座径向设置为自由移动，定子铁心设定为移动，约束添加示意图如图 5 所示。

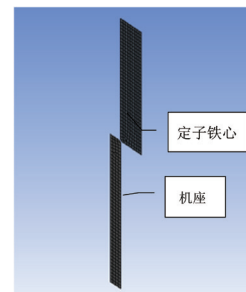


图 4 等效有限元模型

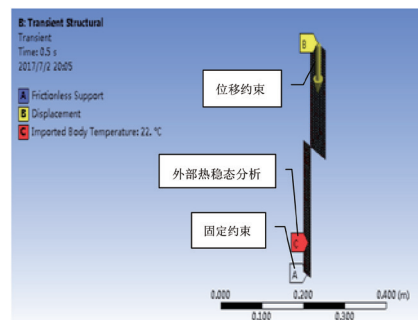


图 5 约束设定示意图

表 3 不同温度下机座所受正压力

温度 / $^{\circ}\text{C}$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
压力 /Pa	5.615E8	5.553E8	5.49E8	5.426E8	5.362E8	5.298E8	5.234E8	5.169E8	5.140E8	5.04E8	4.973E8

通过设置不同的环境温度,在机座上指定观测,观测定子铁心入机座过程中随温度变化所受的正压力,所指定的观察路径如图 6 所示,在不同设定温度下观测路径所受的正压力如表 3 所示。

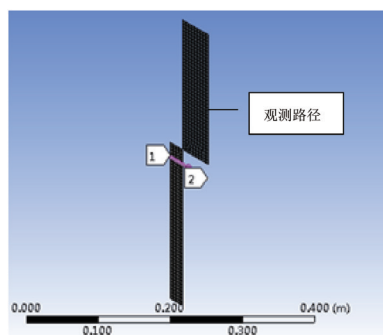


图 6 指定观测路径

观测路径所受的正压力随温度变化曲线如图 7 所示。

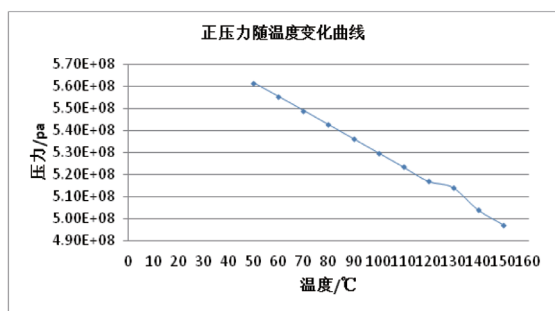


图 7 观测路径所受的正压力随温度变化曲线

观测路径瞬态应力变化云图如图 8 所示,机座内壁轴向各点瞬态应力云图如图 9 所示,定子铁心与机座接触面瞬态等效应力云图如图 10 所示。

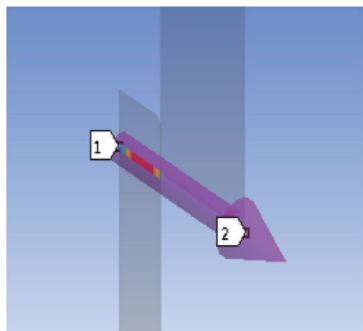


图 8 观测路径瞬态应力变化云图

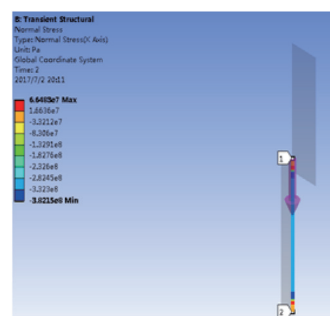


图 9 机座内壁轴向各点瞬态应力云图

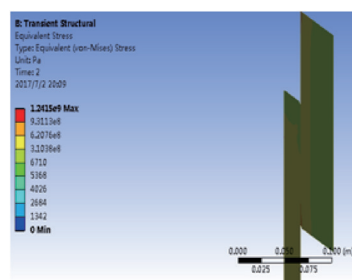


图 10 铁心与机座接触面瞬态等效应力云图

四、结语

本文以定子铁心退机座过程为研究对象,利用有限元分析软件 ANSYS 完成了有限元模型的建立、热稳态分析及瞬态响应分析,通过热力学及瞬态响应分析可以为定子铁心退机座制定更加合理的返修工艺,从分析结果中可以得出以下结论。

(1) 在常温下 (22°C) 理论计算出机座内壁所受的正压力为 $5.7 \times 10^8 \text{Pa}$, 均大于仿真分析设定温度下机座内壁所受的正压力 ($P_{\max} = 5.615 \times 10^8 \text{Pa}$), 说明了仿真模型建立的可靠性。

(2) 根据图 7 观测路径所受的正压力随温度变化曲线可以看出,随着温度的升高机座内壁所受的正压力逐渐变小,说明将定子铁心与机座加热后,在退机座过程中可有效减小机座所受的正压力。

(3) 图 7 中还反映出随着温度的不断升高,机座内壁所受正压力减小的梯度也在变小,说明温度一味地升高虽然能减少机座内壁产生的正压力,但是温度过高可能破坏绕组绝缘性能或使机座变形,制定合理的工艺温度是必要的。IM