

文章编号: 1004-4353(2017)01-0068-03

湿式多片离合器摩擦副温度场和应力场的仿真研究

闫萌萌, 任靖日*

(延边大学工学院 机械工程系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 以某型湿式多片离合器摩擦副(包括摩擦片和对偶钢片)为研究对象,根据摩擦片和对偶钢片的实际几何尺寸建立了摩擦副的三维几何模型,并运用 ABAQUS 软件分析了摩擦片和对偶钢片的温度场、热应力场、热应变的分布情况. 本文研究结果对找出摩擦副的热失效原因以及摩擦副的优化设计具有指导意义.

关键词: 湿式多片离合器; 摩擦副; 温度场; 应力场; ABAQUS

中图分类号: TH117.1

文献标识码: A

Research on temperature field and stress field of friction pair of wet multi-disc clutch

YAN Mengmeng, REN Jingri*

(Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: This paper takes the friction pair (include friction plate and steel disc) of a certain wet multi-disc clutch as the research object, according to the real geometry of friction plate and steel disc to build friction pair's three-dimension model, and use ABAQUS to analyze the temperature field distribution and the stress field distribution of friction plate and steel disc, which is very important to identify the reason of thermal failure and optimized design of friction pair.

Keywords: wet multi-disc clutch; friction pair; temperature field; stress field; ABAQUS

近年来,随着汽车工业的飞速发展,对离合器的要求也越来越高. 目前,湿式多片离合器因具有散热性能好、传递扭矩大、易于实现自动控制等优点,而得到广泛地应用. 在离合器频繁结合过程中,因摩擦产生的大量热量在较短的分离结合时间内来不及散失,会导致摩擦副热失效,从而影响整个传动系统的工作;因此,分析摩擦片和对偶钢片的温度场、热应力场以及热应变的分布规律对防止热失效现象的发生具有重要意义.

国内外很多学者对摩擦副的热失效问题已进行了较多研究,并取得了一系列研究成果,如:杨勇强等^[1]运用有限元技术建立了摩擦片模型,对

其温度场和热应力场的分布规律进行了研究;杨亚联、杨为等^[2-3]运用热-机耦合方法对对偶钢片的温度场和热应力场进行了分析;霍晓强、白玉江、杨亚联等^[4-6]在不同工况下对摩擦副的温度场进行了分析. 基于前人的研究,本文以某型湿式多片离合器摩擦副为研究对象,利用热-结构耦合的方法对摩擦副的温度场、热应力场和热应变的分布规律进行研究,以找出摩擦副热失效的原因.

1 摩擦副有限元模型的建立

1.1 摩擦副热分析假设

为了研究的方便,本文做以下几点假设:

收稿日期: 2016-12-09

* 通信作者: 任靖日(1960—),男,博士,教授,研究方向为机械摩擦学及表面工程.

- 1) 由于离合器摩擦副结合的时间非常短,所以忽略不计冷却油带走的热量;
- 2) 认为结合过程中摩擦产生的热量全部由摩擦片和对偶钢片吸收,即没有热量损失;
- 3) 忽略摩擦副结合过程中的磨损,假设材料为各向同性材料,各物理参数不随温度变化.

1.2 摩擦副三维几何模型的建立

湿式多片离合器的摩擦副由摩擦片和对偶钢片组成,摩擦片的材料为铜基粉末冶金材料,对偶钢片为45号钢. 根据摩擦副的实际几何尺寸在

Proe 软件中建立的三维模型如图 1 所示. 摩擦副的相关参数见表 1.

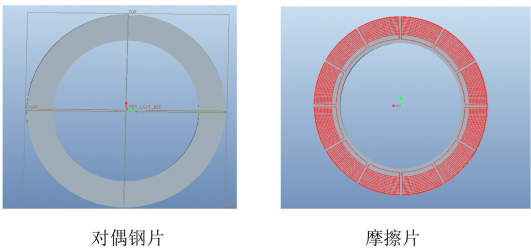


图 1 摩擦副的几何模型

表 1 摩擦副的相关参数

	弹性模量 E/GPa	泊松比 μ	密度 $\rho/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	导热系数 $k/(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	比热容 $c/(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$	热膨胀系数 $\alpha/10^{-5} \text{K}^{-1}$
45 号钢	209	0.270	7 850	50	470	1.159
摩擦片	100	0.275	6 700	43	460	1.710

2 摩擦副有限元分析

2.1 摩擦副有限元网格划分

将在 Proe 软件中建立的三维几何模型导入 ABAQUS 软件中进行网格划分,划分后的网格图如图 2 所示.

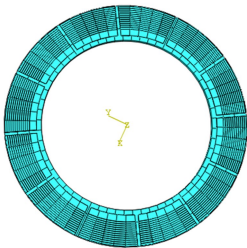


图 2 网格划分后的网格图

2.2 摩擦片温度场、热应力场和热应变云图分析

不同时刻的摩擦片温度场云图如图 3 所示. 由图 3 可以看出,摩擦片的云图由 12 个扇区组成,各个扇区的温度分布相同. 从时间上看,温度先升高后降低,在 1.5 s 时达到最高温度,为 136.3 °C. 这是因为在结合初期由于转速差较大,摩擦产生的热流密度较大,产生的热量来不及散失,导致温度急剧升高;随着转速差变小和热传导的进行,温度升高到一定程度后开始降低. 由于径向油槽和螺旋油槽中存在冷却油,因此油槽附近的温度相对较低.

不同时刻的摩擦片热应力场云图如图 4 所示. 由图 4 可以看出,摩擦片热应力场的分布规律

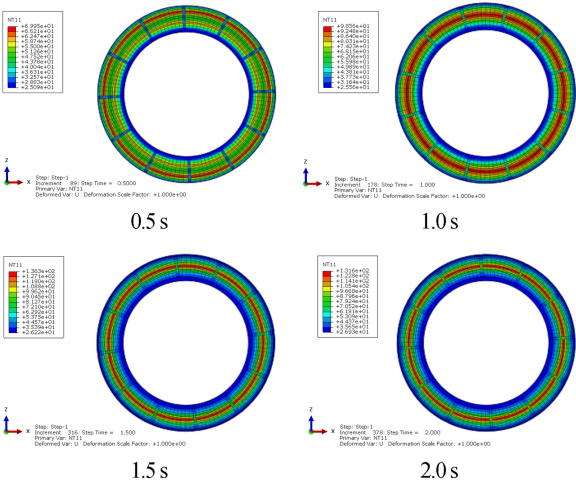


图 3 不同时刻的摩擦片温度场云图

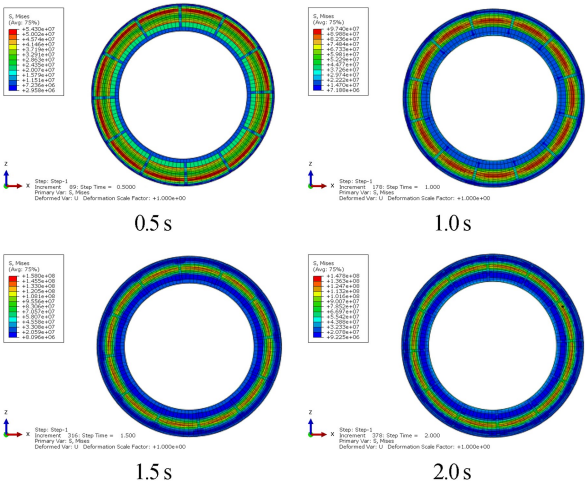


图 4 不同时刻的摩擦片热应力场云图

与温度场的分布规律基本相同,热应力在 1.5 s 时也出现最大值,为 158 MPa。这是由于热应力的变化是由温度的变化引起的,温度高的地方,其热应力也较大。

不同时刻的摩擦片热应变云图如图 5 所示。由图 5 可以看出,摩擦片热应变的分布规律与应力场的分布规律基本相同。这是由于随着温度的升高材料容易产生形变所致。由应力的公式可知,应力与应变成正比例关系,即变形大的地方,应力也大。热应变在 1.5 s 时也达到最大值,为 0.002 5 mm。

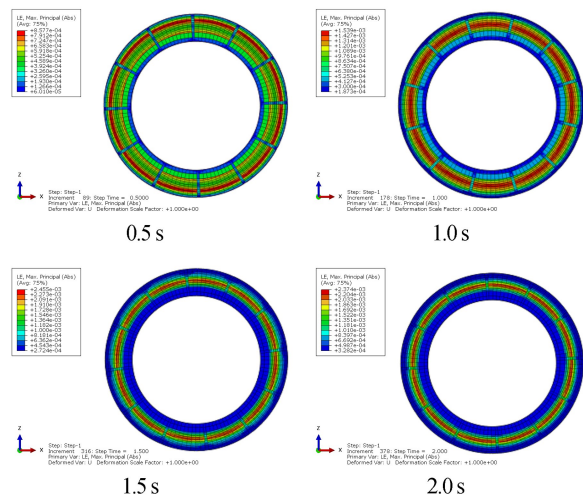


图 5 不同时刻的摩擦片热应变云图

2.3 对偶钢片温度场、热应力场和热应变云图分析

不同时刻的对偶钢片温度场云图如图 6 所示。由图 6 可以看出,对偶钢片的温度场变化规律与摩擦片的变化规律基本相同。但是由于对偶钢片表面没有摩擦材料和冷却油槽,所以温度升高较快。从时间上看,对偶钢片的温度也是先升高后降低,在 1.5 s 时温度达到最高为 135.2 ℃。由于对偶钢片热传导较快,所以其最高温度低于摩擦片。

不同时刻的对偶钢片的热应力场如图 7 所示。由图 7 可以看出,对偶钢片的热应力场分布规律与温度场的分布规律基本相同,热应力在 1.5 s 时也出现最大值,为 164.5 MPa。这是由于热应力的变化是由温度的变化引起的,温度高的地方,热应力也较大。

不同时刻的对偶钢片热应变云图如图 8 所示。由图 8 可以看出,对偶钢片的热应变分布规律与应力场的分布规律基本相同。从时间上看,热应变先增大后减小,在 1.5 s 时出现最大值,为 0.001 mm,变形相对较小。

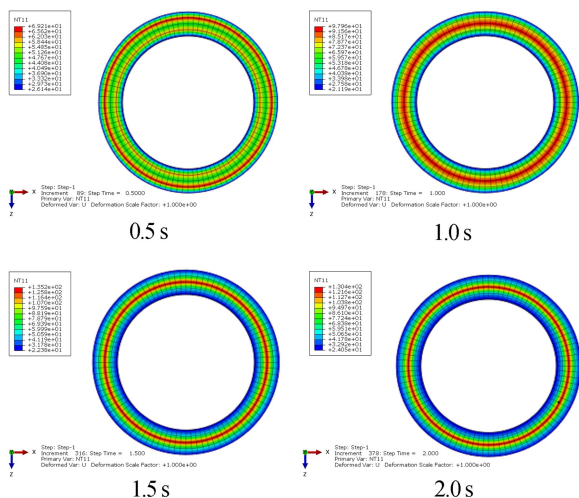


图 6 不同时刻的对偶钢片温度场云图

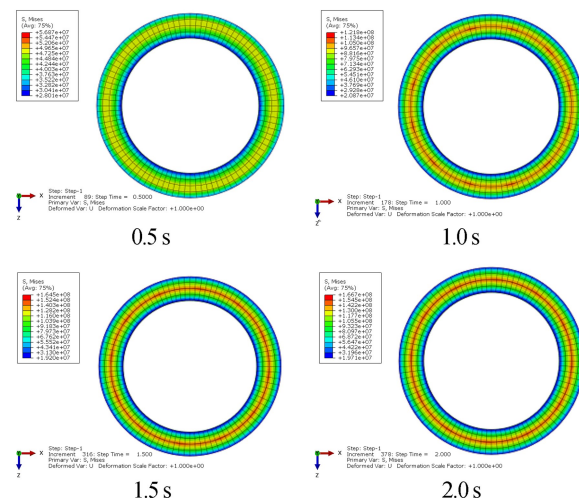


图 7 不同时刻的对偶钢片热应力场云图

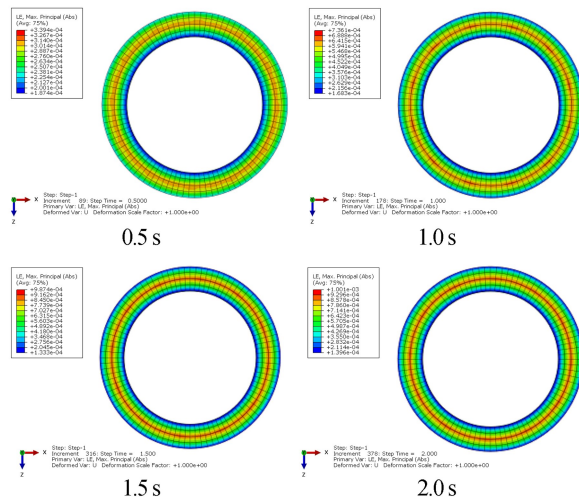


图 8 不同时刻的对偶钢片热应变云图

mote sensing & mapping, Piscataway, NJ:IEEE, 2011:1-7.

[6] 邵振峰,陶峰. 一种基于多特征融合的面向对象的建筑物变化检测方法:中国,CN201510187939.9[P]. 2015-07-01.

[7] Beumier C, Idrissa M. Building change detection by histogram classification[C]// International conference on signal-image technology & internet-based systems, Piscataway, NJ:IEEE, 2011:409-415.

[8] 吕钊,康志忠. 利用地面激光扫描数据进行建筑物变化检测[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2011,36(11):1284-1289.

[9] 汪承义,孔赞珑,陈静波. 一种多时相激光雷达数据建筑物变化检测方法[C]//第十三届中国体视学与图像分析学术会议论文集. 太原:中国体视学学会, 2013:319-324.

[10] 巩翼龙,闫利. 结合机载 LIDAR 数据和航空可见光影像多层次规则分类建筑物变化检测[J]. 光谱学与光谱分析,2015,35(5):1325-1330.

[11] 彭代峰,张永军,熊小东. 结合 LIDAR 点云和航空影像的建筑物三维变化检测[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2015,40(4):462-468.

[12] Huang X, Zhang L. A multidirectional and multi-scale morphological index for automatic building extraction from multispectral geoeye-1 imagery [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2011,77(7):721-732.

[13] 胡荣明,黄小兵,黄远程. 增强形态学建筑物指数应用于高分辨率遥感影像中建筑物提取[J]. 测绘学报,2014,43(5):514-520.

[14] 任晓娟,肖双九,彭小朋. 基于改进分水岭变换的遥感图像建筑物提取[J]. 计算机应用与软件, 2011,28(12):249-252.

[15] 张峰. 基于 SVM 的多源遥感影像面向对象建筑物提取方法[J]. 国土资源遥感,2008(2):27-29.

[16] 秦昆. GIS 空间分析理论与方法[M]. 武汉:武汉大学出版社,2010:125-131.

.....
(上接第 70 页)

3 结论

本文运用 ABAQUS 软件对湿式多片离合器的摩擦副进行了热-结构耦合分析,结果显示:摩擦片的最高温度为 136.3℃,最大热应力为 158 MPa,最大热应变为 0.002 5 mm;对偶钢片的最高温度为 135.2℃,最大热应力为 164.5 MPa,最大热应变为 0.001 mm. 由于温度较高部位易出现热失效,热应变大的部位易产生热变形,因此可直观地分析出摩擦副热失效和热变形的原因. 本文结果可为摩擦副的优化设计提供参考.

由于实验设备的限制,本文仅进行了仿真研究而未进行现场实验,故仿真结果可能存在一定的误差,今后将通过现场试验来改进本文仿真模型,以期得出更加准确的分析结果.

参考文献:

[1] 杨勇强,李小莹,曹博涛,等. 湿式摩擦离合器摩擦片的热力耦合分析[J]. 机械传动,2016,40(1):153-156.

[2] 杨亚联,张喀,秦大同. 湿式多片离合器热机耦合温度场及应力场分析[J]. 中国机械工程,2014,25(20):2740-2744.

[3] 杨为,陈国栋,吕和生,等. 湿式多片摩擦离合器对偶钢片热-机耦合分析[J]. 重庆大学学报,2011,34(9):26-32.

[4] 霍晓强,刘安. 湿式换挡离合器摩擦副瞬态温度场的仿真研究[J]. 工程机械,2006,37(3):23-27.

[5] 白玉江,李长虹,赵先锋. 分离式离合器摩擦副有限元热分析研究[J]. 现代制造工艺装备,2015(2):5-8.

[6] 杨亚联,丁建林,秦大同. 湿式多片离合器摩擦副温度仿真分析[J]. 四川兵工学报,2011,32(7):105-108.