



粉末冶金齿轮在干运转状态下的轮齿磨损分析

涂 杰

(南京化工职业技术学院 机械系 南京 210048)

摘 要:本文在无润滑条件下对直齿轮磨损形态进行建模,同时对建模所计算出的磨损度与实际实验所得出的磨损度作出比较,通过比较分析得出影响齿轮磨损的一些因素。

关键词:建模 直齿轮 磨损度

中图分类号: TH132.4

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2011) 05-0092-03

92

武汉职业技术学院学报二〇一一年第十卷第五期(总第五十四期)

齿轮磨损会增加传动系统中的噪音和震动,在很多应用中,齿轮传动都是在非润滑的条件下进行的,此时就要采取一些措施减缓磨损、提高寿命。为了减缓磨损,我们可以选用高硬度,高强度,低摩擦系数的材料。现在有很多冶金粉末材料都添加一些元素用来提高材料的强度和抗磨损能力,在直齿轮中整个轮齿的表面磨损情况不完全相同,在节点处磨损很小而在其他接触点由于相互啮合的轮齿间会有相对滑动,相对滑动的出现会导致磨损的加剧,连续的磨损改变齿轮齿廓形状,影响齿轮啮合,同时增加传动的震动和噪音。齿轮在啮合过程中齿根和接触区域会产生较大的应力,轮齿弯曲会在齿根区域产生较大的应力集中从而可能导致齿根断裂,此外分布在齿廓表面的接触应力会导致轮齿表面破坏,在直齿轮中,接触应力分布和剪切应力的大小决定了磨损量。本文在无润滑条件下对直齿轮磨损形态进行建模,同是对建模所计算出的磨损度与实际实验所得出的磨损度作出比较。

一、磨损建模

磨损建模要使用阿克德磨损方程通过单点检测法来确定磨损深度,一对直齿轮啮合点通常分布在一条通过节点同时和两齿轮基圆相切的直线上(啮合线)。齿轮在啮合过程中可以假设为两个直径分别为 R_1 和 R_2 , 表面速度为分别为 V_1 和 V_2 的两个相互啮合的圆柱做纯滚动。可应用计算的方法对粉末冶金齿轮磨损

的进行计算,使用 MATLAB 程序来计算磨损度,实际轮齿表面初始尺寸,磨损系数,材料性能和使用的扭矩都是计算磨损量的初始参数,由此可以确定啮合点的磨损度,在经过若干圈啮合后也可以计算出总磨损度。齿轮磨损建模使用了阿克德磨损方程,

$$h_p = \int_0^t k p v dt \quad (1)$$

其中 h_p —小齿轮的磨损深度 (mm); k —径向磨损系数; p —啮合点接触压力; v —滑移速度 (N/s); t —单个点的滑移持续时间。

若干转后小齿轮的磨损深度:

$$h_{pni} = h_{p(n-1)} + k p v t \quad (2)$$

h_{pni} —小齿轮转过若干圈转动后特定点的磨损深度;

$h_{p(n-1)}$ —前一圈的磨损深度;

$k p v t$ —最后一次啮合的小齿轮磨损。

测试齿轮上点的滑移速度可表示为:

$$v = (\omega_1 + \omega_2) Y_i \quad (3)$$

ω_1 和 ω_2 分别为小齿轮和大齿轮的角速度; Y_i 是节点到瞬时接触点的距离,每个接触点的滑移时间计算如下:

$$t = \left[\frac{1}{u_p} \right] \sec \alpha Y_i \quad (4)$$

u_p —小齿轮节线处速度; α —小齿轮的压力角

在啮合过程中,每个啮合点的接触压力 P 可用以下公式求出:

收稿日期: 2011-08-09

作者简介: 涂杰 (1981-), 男, 江苏南京人, 硕士研究生, 南京化工职业技术学院讲师, 研究方向: 机械工程。

表 1 试件齿轮的组成、密度、强度、杨氏模数

冶金粉末齿轮的材料组成	密度(g/cm ³)	硬度(HV)	压缩强度(MPa)	杨氏模数(GPa)
Fe-0.6% C-2.5% Cu	6.32	91	497	113
Fe-0.6% C-2.5% Cu MoS ₂ -3%	6.52	136	1006	151
Fe-0.6% C-2.5% Cu MoS ₂ -5%	6.57	126	840	153

$$p=\frac{2F_t}{\pi \alpha^2}(\alpha^2-Y\hat{r}^2) \tag{5}$$

F_t —特定点的传递载荷； α —接触宽度。

二、实验材料和齿轮实验过程

(一) 实验材料

表 2 啮合齿轮参数

	小齿轮	配对齿轮
制造工艺	烧结加工	滚齿加工
齿数	14	57
模数(mm)	1.5	1.5
压力角(°)	20	20
节圆直径(mm)	21	85.5
齿宽(mm)	11	20
中心距(mm)	53.25	
小齿轮上的扭矩	1,1.5,2,2.5	
小齿轮速度(rpm)	800	

材料的化学成分,密度、硬度、抗压强度、冶金粉末的杨氏模数都在表 1 里面列出,表 2 列出了啮合齿轮的尺寸,配对齿轮由 En31 钢制成,先加热到 845℃ 进行热处理,然后在 150℃ 的油里进行油淬一小时获得 60±2HRc 的硬度。

(二) 齿轮实验过程



图 1 齿轮测试机

粉末冶金直齿轮磨损测试在图 1 的齿轮测试机上进行,在试验中小齿轮的旋转速度保持在 800r/m,实验在干运转状态下运行,粉末冶金齿轮受到的扭矩在 1Nm 到 2.5Nm 之间。采用三个试件进行实验,实验一直进行到轮齿断裂或者到达 20×10⁴ 转为止,齿轮每转 2×10⁴ 转就要停机观察并测量轮齿厚度,通过事先标注好的三个轮齿可以量化齿轮磨损,使用一个剖面投影仪可以确定轮齿的初始和最终轮齿剖面。

三、结论和讨论

Fe-C-Cu,Fe-C-Cu-3% MoS₂,Fe-C-Cu-5% MoS₂ 材料齿轮在经过转后,磨损深度和磨损轮廓都不一样,含

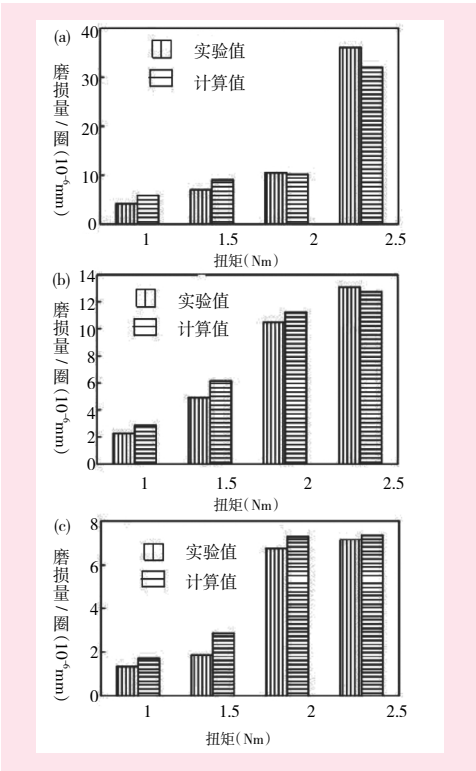


图 2 计算磨损深度和实验磨损深度比较图

(a)Fe-C-Cu,(b)Fe-C-Cu-3% MoS₂(c)Fe-C-Cu-5% MoS₂ MoS₂ 的齿轮在啮合过程中磨损量要比不含 MoS₂ 材料的齿轮要小,每一次啮合过程中,由于磨损齿廓都会改变,齿根和齿顶部分磨损更为严重,此外,在节点处相对滑动速度为零所以磨损最小,而在相对滑动速度大的地方磨损就严重。轮齿一次啮合磨损量和磨损系数有关系,在经过若干圈转动后,在齿根处产生最大的磨损度,在啮合过程中,轮齿表面情况不断变化从而影响实际磨损度。含有 3%MoS₂ 齿轮磨损系数比较低,通过计算可以得出低磨损系数的材料轮齿磨损量小,含 5%的 MoS₂ 比 3%的 MoS₂ 具有更低的磨损系数,因此磨损度更小。

如图 2 所示为在不同的扭矩情况下轮齿实验磨损量和磨损建模计算值比较图,实验值和计算值基本一致,冶金齿轮的抗磨损能力和 MoS₂ 含量,基本组成有关系,通过计算和实验结果,很明显可以得出材料密度、强度和硬度越高,抗磨损能力越强。

四、结论

在对含有 MoS₂ 粉末冶金齿轮的磨损特性进行研究,可得出粉末冶金齿轮中 MoS₂ 含量会影响零件密度、强度、硬度和抗磨损能力,先进的磨损建模计算方法可以让齿轮设计者估算出齿轮的安全运行状态,通

(下转第 97 页)

(上接第 93 页)

过计算和观察可以知道轮齿在齿根和齿顶区域磨损最大,齿轮磨损取决于材料的硬度和强度,结果显示齿轮的磨损是连续的,我们我们了解到在齿轮啮合过程中,轮齿上的各点磨损为何不同,通过建模所计算出的磨损深度与实验结果基本一致。

参考文献:

- [1] 缪炯.粉末冶金齿轮[J].现代零部件,2005,(10):68-72.
[2] Francis Hanejko.粉末冶金齿轮材料进展[J].粉末冶金工

业,2010,(3):40-46.

- [3] 周玉山 邵明.粉末冶金齿轮模具成形磨齿砂轮的廓形计算方法[J].机械工程学报,2005,1:162-165.
[4] 闫存富,等.齿轮磨损失效形式的研究及改进[J].广西轻工业,2010,(7):45-46.
[5] 操育丰.减小齿轮磨损与胶合的措施[J].现代冶金,2009,(1):59-61.

[责任编辑:]

Analysis of Tooth Wear of Powder Metallurgical Gear during Dry Running

TU Jie

(Nanjing College of Chemical Technology, Nanjing 210048, China)

Abstract:In this research, we establish a model to predict the wear pattern of spur gear tooth under unlubricated conditions, and compare the predicted wear depth with experimental results. Through the comparison, we know some factors that influence the wearing.

Key words: modeling; spur gear; wear depth