

Determination and Verification of Gear Drum Shape of Automobile Reducer

Xiangxiang Cao¹, Guiying Tong^{1*}, Yingjie Song², Xianglong Li¹, Heng Wang¹

¹School of Mechanics and Automobile Engineering, Yantai University, Yantai Shandong

²Shandong Shanghai Auto Transmission Co., Ltd., Yantai Shandong

Email: *tongguiying2254@163.com

Received: Oct. 3rd, 2017; accepted: Oct. 19th, 2017; published: Oct. 24th, 2017

Abstract

The gear of the automobile reducer is affected by complex torque in the course of use, in order to make the gear force more evenly, the drum gear in the direction of the drum has been shaped, but there is no uniform method for determining drum shape. Be aimed at the gear of automobile reducer machined by drum machining machine of Gleason company, by measuring drum shape after machining, the problem of drum shape of gear used in automobile retarder is determined. Meanwhile, the drum shape is computed and verified by ANSYS software, through theoretical analysis and simulation operation, the drum shape of gear is established, which is favorable to the force of gear.

Keywords

Drum Shape, Reducer, Gear, ANSYS Simulation

汽车减速器齿轮鼓形的确定与验证

曹祥祥¹, 童桂英¹, 宋颖杰², 李祥龙¹, 王 恒¹

¹烟台大学, 机电汽车工程学院, 山东 烟台

²山东上汽汽车变速器有限公司, 山东 烟台

Email: *tongguiying2254@163.com

收稿日期: 2017年10月3日; 录用日期: 2017年10月19日; 发布日期: 2017年10月24日

摘 要

汽车减速器齿轮在使用过程中, 受到复杂力矩影响, 为了使齿轮受力更加均匀, 在齿轮齿向方向进行鼓形鼓形。
*通讯作者。

形修形, 但鼓形确定还没有统一方法。针对采用Gleason公司鼓形加工机床加工的汽车减速器齿轮, 通过测量加工后鼓形形状, 确定汽车减速器用齿轮鼓形形状的问题。同时利用ANSYS软件进行鼓形量的计算验证, 通过理论分析和仿真运算, 确立齿轮的鼓形利于齿轮受力。

关键词

鼓形, 减速器, 齿轮, ANSYS仿真

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

鼓形齿是一种齿形修行方法, 能够补偿载荷作用下的齿轮的各种弹性变形量和齿轮的制造误差。这种弹性变形主要是稳定载荷作用下小齿轮的扭转变形和齿轮轴的弯曲变形。鼓形齿是应用较早的一种齿轮修形工艺, 但是至今在设计和应用上并未达到完善、合理以及统一。

2. 鼓形齿的鼓形设计

鼓形齿[1]的鼓形设计, 是按照一定的规律去研究齿轮在齿宽方向的齿形。

目前关于鼓形齿的设计仅仅是给出鼓形量的要求, 有的仅仅就是有设计图纸但是并没有齿形轨迹方程, 这样的绘图在加工上和控制生产质量方面很难做到统一。

本文鼓形就是在这种仅仅给出加工图纸无法找到准确鼓形轨迹的情况下利用理论计算来分析鼓形轨迹。其中容易发现问题与控制产品质量的方案是按照等半径圆弧来设计, 设计方式如图1所示。

$$R_c^2 = b_c^2 + (R_c - C_c)^2 = b_c^2 + R_c^2 - 2R_c \cdot C_c + C_c^2 \quad (1)$$

因为鼓形量的单位是 μm , 且一般都很小, 这里一般将 C_c^2 省略, 则由式(1)变形得:

$$R_c = \frac{b_c^2}{2C_c} \quad (2)$$

同理可得任一点的鼓形半径:

$$R_{ci} = \frac{b_{ci}^2}{2C_{ci}} \quad (3)$$

因此此鼓形设计为等半径设计, 所以由式(2)、(3)得任意一点的鼓形量为:

$$C_{ci} = C_c \left(\frac{b_{ci}}{b_c} \right)^2 \quad (4)$$

利用式(3)对实验数据如图2进行检验, 验证这种鼓形齿是否是按照等半径圆弧进行设计的, 验算过程如下:

如图2所示, 三角形偏转最大值为: $f_{H\beta\max} = 0.014$ 利用相似三角形的知识, 可以求出对应各点的公差值(命名规则依据图2图标号取其下标进行区分):

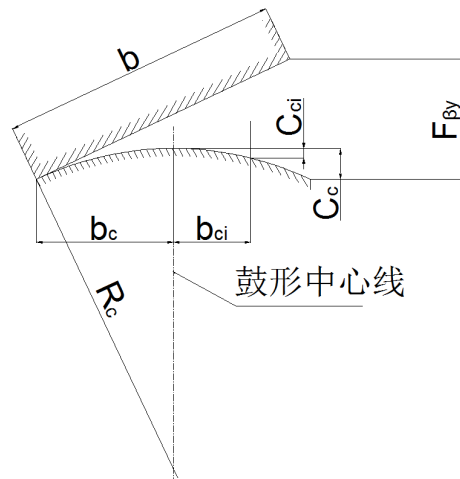


Figure 1. Design of equal radius drum-shaped gear
图 1. 等半径圆弧设计的鼓形齿

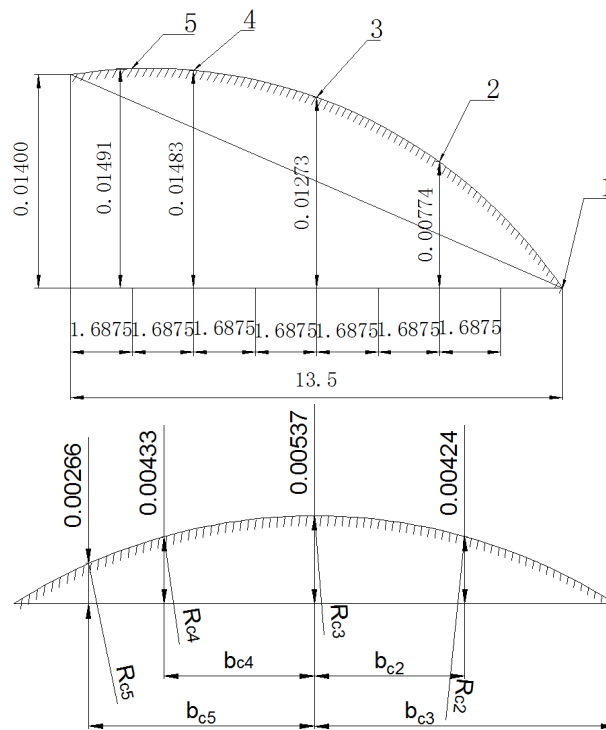


Figure 2. Analysis of the test data processing drum
图 2. 试验加工鼓形数据分析

$$f_{H\beta 1} = 0$$

$$f_{H\beta 2} = f_{H\beta \max} \cdot \frac{1.6875 \times 2}{1.6875 \times 8} = 0.014 \times 0.25 = 0.0035$$

$$f_{H\beta 3} = f_{H\beta \max} \cdot \frac{1.6875 \times 4}{1.6875 \times 8} = 0.014 \times 0.5 = 0.007$$

$$f_{H\beta 4} = f_{H\beta \max} \cdot \frac{1.6875 \times 6}{1.6875 \times 8} = 0.014 \times 0.75 = 0.0105$$

$$f_{H\beta 5} = f_{H\beta \max} \cdot \frac{1.6875 \times 7}{1.6875 \times 8} = 0.014 \times 0.875 = 0.01225$$

利用图 2(a)所示总鼓形量分别对应减去上述所得各值, 得到:

$$C_{b3} = 0.01273 - f_{H\beta 3} = 0.01273 - 0.007 = 0.00573$$

$$C_{b2} = 0.00774 - f_{H\beta 2} = 0.00774 - 0.0035 = 0.00424$$

$$C_{b4} = 0.01489 - f_{H\beta 4} = 0.01489 - 0.0105 = 0.00423$$

$$C_{b5} = 0.01508 - f_{H\beta 5} = 0.01491 - 0.01225 = 0.00266$$

每点所对应的鼓形半径为:

$$R_{c2} = \frac{b_{c2}^2}{2C_{c2}} = \frac{(1.6875 \times 2)^2}{2(0.00573 - 0.00424)} = 3822.4 \text{ mm}$$

$$R_{c3} = \frac{b_c^2}{2C_{c3}} = \frac{(1.6875 \times 4)^2}{2 \times 0.00573} = 3975.8 \text{ mm}$$

$$R_{c4} = \frac{b_{c4}^2}{2C_{c4}} = \frac{(1.6875 \times 2)^2}{2(0.00573 - 0.00433)} = 4024.8 \text{ mm}$$

$$R_{c5} = \frac{b_{c5}^2}{2C_{c5}} = \frac{(1.6875 \times 3)^2}{2(0.00573 - 0.00266)} = 4174.1 \text{ mm}$$

相对误差计算如下:

$$\delta_1 = \frac{R_{c3} - R_{c2}}{R_{c3}} \times 100\% = \frac{3978.5 - 3822.4}{3978.5} \times 100\% = 3.92\%$$

$$\delta_2 = \frac{R_{c4} - R_{c3}}{R_{c4}} \times 100\% = \frac{4024.8 - 3975.8}{4024.8} \times 100\% = 1.22\%$$

$$\delta_3 = \frac{R_{c5} - R_{c3}}{R_{c5}} \times 100\% = \frac{4174.1 - 3975.8}{4174.1} \times 100\% = 4.75\%$$

3. ANSYS 应力仿真来验证

由计算结果可以看出, 最大相对误差只有 4.75%, 基本可以判定该 Gleason 机床加工的鼓形是以等半径形式进行加工的, 此鼓形是由等半径圆弧进行设计的。

为了 ANSYS 软件进行齿轮接触应力[2] [3] [4] [5]仿真验证方便, 选定两齿轮材料相同(均为结构钢), 弹性模 $E_1 = E_2 = 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$, 泊松比 $\mu_1 = \mu_2 = 0.3$, 屈服极限 $\sigma = 2.5 \times 10^8 \text{ Pa}$

图 3 为标准渐开线齿轮应力分布图, 齿轮齿数分别取 41 与 55, 齿轮模数均为 1.64, 其中齿轮 1 齿宽为 15 mm 做固定处理, 齿轮 2 齿宽为 16.5 mm, 施加 55 N·m 的转矩(其余对比组实验均采用此参数), ANSYS 静力学接触应力分析结果表明齿轮接触存在应力集中现象, 最大应力为 363.1 MPa。

对齿轮进行鼓形加工, 依据前面所得的等半径加工方式, 依据图 4 可以得到接触应力相对于正常渐开线齿轮副已经有了明显改善, 由 363.1 MPa 减少为 214.45 MPa, 并且齿轮表面应力分布较均匀(图 5), 至于齿面端点处的应力集中现象主要是由于该齿轮未做倒角处理, 若端部不接触则不存在应力集中现象, 可见鼓形齿设计能够明显改善齿轮的接触应力。主要理论依据是: 齿轮受力发生弹性变形, 当进行鼓形加工能够依靠齿轮弹性变形将齿轮点受力转变为齿轮面受力, 大大减少了齿轮的应力集中。

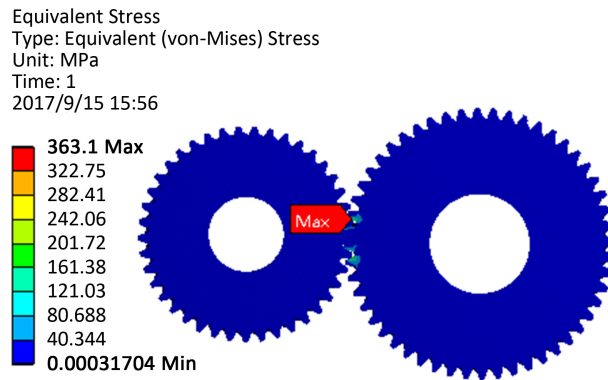


Figure 3. Stress envelope of standard involute gear
图 3. 标准渐开线齿轮应力分布图

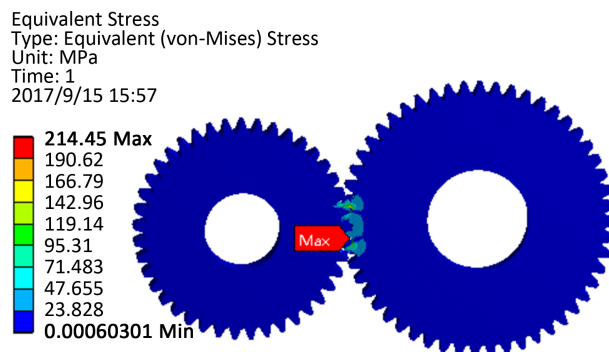


Figure 4. Stress distribution of machined the drum shaped gear
图 4. 鼓形加工后齿轮应力分布图

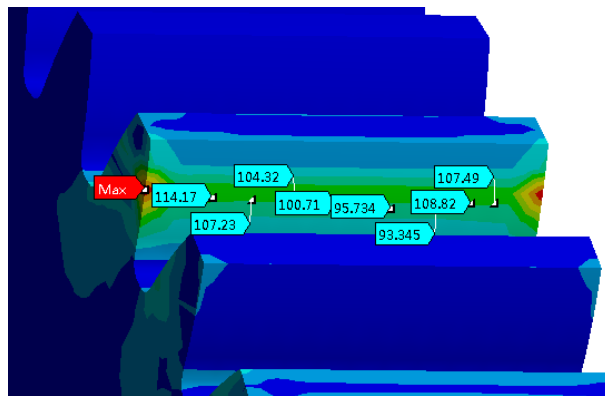


Figure 5. Stress of single gear tooth drum after processing distribution
图 5. 鼓形加工后齿轮单个齿面应力分布图

4. 结束语

通过理论计算与实际产品进行对比，能够知道鼓形按照等半径进行设计的，这样在加工过程中更容易控制产品质量，保证产品加工精度与技术要求，同时鼓形量能够减少齿轮的接触应力，值得大力推广。

基金项目

山东省科技发展计划项目(13zz15); 烟台市科技发展计划项目(2015GX019)。

参考文献 (References)

- [1] 宋乐民. 齿形与齿轮强度[M]. 北京: 国防工业出版社, 1987: 105-107.
- [2] 庞晓琛. 基于 ANSYS 的齿轮接触问题研究[J]. 起重运输机械, 2008(6): 23-27.
- [3] 赵向飞, 刘红旗, 张敬彩, 等. 基于 ANSYS 的齿根过渡曲线形状优化研究[J]. 机械设计与制造, 2013(3): 1-3.
- [4] 关云飞, 沈晓明. ANSYS 在齿轮设计和计算中的应用[J]. 机电工程技术, 2004, 33(2): 56-57.
- [5] 李润方, 陈大良. 斜齿轮三维有摩擦接触应力分析及前后处理方法[J]. 机械传动, 1990(1): 29-34.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-6631, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: met@hanspub.org