

Logix 齿轮的齿根过渡曲线*

□李荣刚 □李剑峰 冯显英

摘要 Logix 齿轮是依据全新的齿形理论所提出的一种新型齿轮。在比较几种常用的齿根过渡曲线以后,针对 Logix 齿轮的特点,基于啮合理论推导其齿根过渡曲线的坐标方程,为 Logix 齿轮的设计和加工提供理论依据。

关键词: 齿轮 齿根过渡曲线 啮合原理

中图分类号: TH132 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671—3133(2002)09—0021—03

Dedendum transition curve of Logix gear

□Li Ronggang □Li Jianfeng, Feng Xianying

Abstract Logix gear is a new gear based on new tooth profile theory. Comparison of several typical dedendum transition curves has been done. And according to the characteristic of Logix gear, the equation of dedendum transition curve is given out. The study in this paper lays a foundation for the design and manufacturing of Logix gear.

Key words: Gear Dedendum transition curve Theories of engagement

20 世纪 80 年代后期,为了满足对齿轮高速重载和小型化的要求,日本学者小守勉用新的齿形理论,提出名为 Logix 齿轮的新型齿轮^[1,2]。它的齿形由许多微段渐开线连接而成,采用对称的凸、凹啮合形式,并且使微段渐开线的结合点在啮合时的相对曲率为零。和渐开线齿轮相比,Logix 齿轮的承载能力和耐磨性显著提高,并且它还克服了圆弧齿轮的缺点,能制成直齿轮。Logix 齿轮的另一优点是可以设计成少齿数齿轮,易于实现产品的小型化。

齿根过渡曲线有多种形式,过渡曲线对于齿轮轮齿的弯曲强度具有重要的意义。在此,本文根据 Logix 齿轮的特点,确定了其齿根过渡曲线的齿廓曲线方程,从而为进一步研究 Logix 齿轮的性质和该齿轮的加工提供了理论依据。

一、齿根过渡曲线的几种形式

齿根过渡曲线有多种形式,目前,常用的过渡曲线

主要有以下五种形式^[3]。

1. 当采用齿条型刀具加工齿轮时,如果刀具齿廓的顶部具有两个圆角(见图 1a),则过渡曲线如图 2a 所示,Ⅰ、Ⅱ两段为延伸渐开线的等距曲线,Ⅲ段为齿轮的齿根圆弧。

2. 当采用齿条型刀具加工齿轮时,如果刀具齿廓的顶部只具有一个圆角(见图 1b),则过渡曲线如图 2b 所示,Ⅰ段为一整段延伸渐开线的等距曲线。

3. 当采用齿轮型刀具加工齿轮时,如果刀具的顶部具有两个圆角(见图 3),则过渡曲线如图 2a 所示,Ⅰ、Ⅱ两段为延伸外摆线的等距曲线,Ⅲ段为齿轮的齿根圆弧。

4. 当采用齿轮型刀具加工齿轮时,如果刀具的顶部只有一个圆角(见图 4),则过渡曲线如图 2b 所示,Ⅰ段为一整段延伸外摆线的等距曲线。

5. 如图 2b 所示,过渡曲线为一整段圆弧。

* 国家自然科学基金资助项目(E59905018)

的精度等级的计算公式,从而把不具可比性的形位公差(绝对精度)方便地转化为具有可比性的公差等级(相对精度)。作者在北京工商大学承担的国家自然科学基金资助项目“夹具安装规划及特征变异性研究”(59875006)中,应用本文提供的方法和程序,成功地实现了形位公差到特征精度等级的自动转换,准确、可靠、效率高,为后面特征工序的划分、特征加工顺序的编排以及夹具特征的定位能力优选提供了可靠的评定依据。

参 考 文 献

- 1 刘璇,沈晓红.特征的工程变换研究,北京轻工业学院学报,1998
- 2 汪恺.机械制造基础标准应用手册(上).北京:机械工业出版社,1997
- 3 汪恺.机械设计标准应用手册.北京:机械工业出版社,1997
- 4 刘庚寅.公差测量基础与应用.北京:机械工业出版社,1996

作者通讯地址:北京工商大学机械自动化学院(100037)

收稿日期:20020512

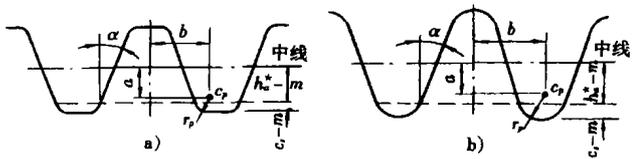


图1 齿条型刀具



图2 齿根过渡曲线

对于以上的5种过渡曲线, 经过理论推导及实验研究以后可得出如下的结果^[3]:第5种过渡曲线的齿根弯曲应力最大, 其弯曲疲劳强度最低, 而对于第一到第4种齿根过渡曲线相比较, 其弯曲疲劳强度增高的次序是

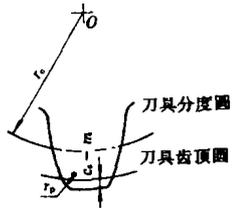


图3 齿轮型刀具

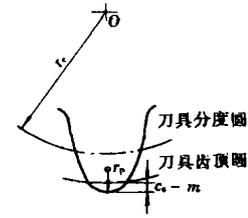


图4 齿轮型刀具

1、2、3、4。也就是说, 齿轮型刀具加工的齿轮弯曲疲劳强度最高, 齿条型刀具加工的齿轮弯曲疲劳强度居中, 齿根过渡曲线为一整段圆弧者弯曲疲劳强度最低。对于前4种齿根过渡曲线, 顶部为一整段圆弧的刀具加工出的齿轮比顶部为两个圆角的刀具加工出的齿轮, 强度要高。

二、Logix 齿轮的齿根过渡曲线

为保证 Logix 齿轮的弯曲疲劳强度, 并考虑到便于计算, 在此采用齿条型刀具加工, 且刀具顶部为一整段圆弧, 刀具齿形如图5所示。

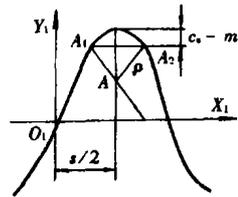


图5 齿条型刀具齿形尺寸

由图5可知, $\left[\frac{s}{2} - x_{11i}(k)\right]^2 + (\rho - c_r m)^2 = \rho^2$

$$\text{推导后求得: } \rho = \frac{c_r m}{2} + \frac{\left[\frac{s}{2} - x_{11i}(k)\right]^2}{2c_r m}$$

在以上各式中, s 为 Logix 齿条分度圆上的齿厚, $x_{11i}(k)$ 为齿条节线以上齿廓曲线的坐标, ρ 为齿条型刀具齿顶圆角半径, c_r 为径向间隙系数, m 为齿轮的模数。

图5中 A 点是齿顶圆弧的圆心, A 点坐标为 $(s/2, y_{11i}(k) + c_r m - \rho)$, A_1 和 A_2 为齿顶圆弧与两齿侧的切点。齿轮的过渡曲线就是当齿条型刀具的节线与被

加工的齿轮的节圆作纯滚动时, 由圆弧 $A_1 A_2$ 包络出来的曲线。可以把圆弧 $A_1 A_2$ 看成是圆心 A 点的法向等距线(距离就是半径 ρ), 则根据齿轮啮合原理可知, $A_1 A_2$ 包络出来的过渡曲线应该是 A 点的运动轨迹(延伸渐开线)的法向等距线^[4]。

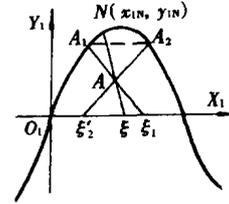


图6 Logix 齿条型刀具齿顶坐标示意

过渡曲线的方程式可以用齿形法线法^[4]求得。如图6所示, 若用 ξ 作为表示动点 N 位置的参数, 则 $\xi \in (\xi_2', \xi_1)$ 。

过渡曲线的方程式可以用齿形法线法^[4]求得。如图6所示, 若用 ξ 作为表示动点 N 位置的参数, 则 $\xi \in (\xi_2', \xi_1)$ 。

$$\tan \xi_2' = \frac{\rho - c_r m}{\frac{s}{2} - x_{11i}(k)} \Rightarrow \xi_2' = \arctan \left(\frac{\rho - c_r m}{\frac{s}{2} - x_{11i}(k)} \right)$$

$$\xi_1 = \frac{\pi}{2} + \xi_2' = \frac{\pi}{2} + \arctan \left(\frac{\rho - c_r m}{\frac{s}{2} - x_{11i}(k)} \right)$$

在此, 为计算方便起见, 根据图形的对称性, 只取 $\xi \in (\pi/2, \xi_1)$ 的区间进行计算。圆弧 $A_1 A_2$ 的方程式为:

$$\begin{cases} x_{1n} = \rho \cos \xi + \frac{s}{2} \\ y_{1n} = \rho \sin \xi + y_{11i}(k) + c_r m - \rho \end{cases} \dots \dots \dots (1)$$

根据齿形法线法可得: $\tan \gamma = \frac{\rho \cos \xi}{-\rho \sin \xi} = -\cot \xi$

要使得动点 N 成为啮合点, 齿条要从起始位置沿节线平移距离 l_n :

$$l_n = x_{1n} + y_{1n} \tan \gamma = \frac{s}{2} + (\rho - y_{11i}(k) - c_r m) \cot \xi \dots (2)$$

若计算所得的 l_n 为正值, 表示齿条要从起始位置向左移动; 若算得的 l_n 为负值, 则表示齿条要从起始位置向右移动。

由啮合原理知 $l_n = r_2 \varphi_{2n}$, 所以 $\varphi_{2n} = \frac{l_n}{r_2}$ 。

由坐标变换可得 Logix 齿轮齿根过渡曲线的方程式为:

$$\begin{cases} x_{2n} = (x_{1n} - l_n) \cos \varphi_{2n} - (y_{1n} - r_2) \sin \varphi_{2n} \\ y_{2n} = (x_{1n} - l_n) \sin \varphi_{2n} + (y_{1n} - r_2) \cos \varphi_{2n} \end{cases} \dots (3)$$

在此还可求得 Logix 齿轮齿根过渡曲线上任一点的曲率半径 ρ_g ^[3]:

$$\rho_g = \frac{a_1}{\sin \alpha} + r_p - \frac{r_2 a_1 \sin \alpha}{a_1 + r \sin^2 \alpha} \dots \dots \dots (4)$$

式中 ρ_g ——齿轮齿根过渡曲线上任一点的曲率半径
 a_1 ——刀具齿顶圆角的圆心到中线的距离, 在此 $a_1 = y_{11i}(k) + c_r m - \rho$

用 SLS(选择性激光烧结)技术制造熔模铸造型芯

□崔洪斌 杨铁男 钱慧芬

摘要 介绍用 SLS 技术制造熔模铸造型芯的方法与技术关键。利用此方法,可以快速制造熔模铸造型芯,降低小批量生产的周期,使设计、修改、制造同步。

关键词: 选择性激光烧结 熔模铸造 型芯

中图分类号: TG76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671—3133—(2002)09—0023—02

Making Investment casting cores using selective laser sintering technique

□Cui Hongbin, Yang Tienan, Qian Huifen

Abstract The method to make investment casting cores using SLS technique is studied. The method studied can be used to make cores rapidly, which could reduce the production cycle of small lot investment casting, and make the design, redesign and making of parts synchronization.

Key words: Selective laser sintering Investment casting Investment casting core

一、引言

目前已有多种实现快速原型制造的方法,其中之一为选择性激光烧结(Selective Laser Sintering,简称 SLS)。该技术可以将粉末状材料粘结成各种形状零件。

熔模铸造中,有些铸件需要型芯。型芯有耐火度高、足够强度、热膨胀小、化学稳定性好等要求。熔模铸造型芯通常通过热压、自由灌注成形等方法制造。而对于单件小批量且形状较为复杂的型芯,利用 SLS 技术,则可以快速将它们制造出来。

二、型芯材料成份的优化

在用 SLS 设备加工型芯之前,首先通过试验确定型芯材料,使其既满足熔模铸造型芯的性能要求,又能通过 SLS 设备制造。

型芯材料采用稳定性好、热膨胀率小的 Al_2O_3 。为能够用 SLS 设备将其加工成型,将平均颗粒直径分别为 $28\mu m$ 和 $5.6\mu m$ 的 Al_2O_3 与粘结剂聚苯乙烯混合。

采用正交试验,测试两种颗粒直径的 Al_2O_3 在不同比例下与不同比例聚苯乙烯相混合并烧结后的性能,以得到具有较为理想性能的型芯。

1. 试验方案

首先,通过试样进行型芯材料的正交试验。在该试验中,以烧结温度、烧结时间(指将试样加热到对应烧结温度后的温度保持时间)、粘结剂所占材料总体积的比例、细颗粒(直径为 $5.6\mu m$)与粗颗粒(直径为 $28\mu m$) Al_2O_3 的重量比作为控制参数(即因素),以弯曲强度、相对密度以及型芯烧结后由于粘结剂挥发引起的收缩率作为输出参数。根据经验,对各控制参数分别选用三个值,如表 1 所示。对应的正交试验方案如表 2 所示。

表 1 因素水平表

因素 水平	烧结温度 (A)℃	烧结时间 (B)h	粘结剂体积 百分比(C) %	细、粗颗粒 Al_2O_3 的重量 比(D)%
1	$A_1(1500)$	$B_1(2)$	$C_1(5)$	$D_1(2.5)$
2	$A_2(1550)$	$B_2(4)$	$C_2(10)$	$D_2(5.0)$
3	$A_3(1600)$	$B_3(6)$	$C_3(15)$	$D_3(10)$

α ——刀具圆角与过渡曲线接触点的公法线和刀具节线之间的夹角(在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间);
对于 Logix 齿轮,此处 $\alpha' = \xi$

r_ρ ——刀具顶部圆角半径,此处 $r_\rho = \rho = \frac{c_s m}{2} +$

$$\left[\frac{s}{2} - x_{11i}(k) \right]^2$$

$2c_s m$
 r_2 ——齿轮半径

三、结论

齿根过渡曲线对于齿轮轮齿的弯曲强度具有重要的意义,本文针对 Logix 齿轮的特点,根据齿轮啮合原理,推导了其齿根过渡曲线的坐标方程。本研究为

Logix 齿轮的设计和加工提供了理论依据。

参考文献

- 1 Komori T, Nagata S. A new gear profile of relative curvature being zero at contact points. Proc of Inter Conf on Gearing[D]. China, CMES[A], 1988(1)
- 2 Komori T, Ariga Y, Nagata S. A new gear profile having zero relative curvature at many contact points[J]. Trans of the ASME, 1990, 12(3)
- 3 吴继泽,王统.齿根过渡曲线与齿根应力[M].北京:国防工业出版社,1989
- 4 吴序堂.齿轮啮合原理[M].北京:机械工业出版社,1982

作者通讯地址:山东轻工业学院轻化与环境工程学院(250100)
山东大学机械工程学院

收稿日期:20020704