

鼓形齿轮实际齿面形成的理论研究^{*}

彭书志

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

摘要 通过对鼓形齿轮理论齿面方程确定各原始参数,建立条件法判断条件,揭示了滚刀垂直进给量、齿坯摆动次数对实际齿面形成的影响规律。理论分析的结果对实际加工中选定加工参数将有指导意义。

关键词 鼓形齿轮 实际齿面

1 引言

按共轭原理滚切鼓形齿轮这一新切齿法是近几年兴起的齿轮加工新技术。它彻底改变了传统仿形法切削加工过程和齿面形成规律,形成具有优化齿形的鼓形齿轮。在实际应用中,在改善鼓形齿轮联轴器的接触质量,传动精度,提高使用寿命等方面都具有良好的效果。

目前,国内外关于按共轭原理滚切鼓形齿轮的理论研究,尚局限在推导出相交轴内外齿传动形成的啮合方程、接触线方程及已知内外圈齿面方程求解与之相共轭的鼓形齿轮面方程,而对影响鼓形齿轮形成的最关键因素——齿坯摆动次数及滚刀切削参数还从未研究。本文从实际切削加工角度,研究鼓形齿轮联轴器理论上还属首次,它对于完善新切齿法理论和实验并付诸生产实践,进一步推广应用具有重要意义。

2 求解实际齿面的原理

在建立鼓形齿轮理论齿面时是将滚刀视为阿基米德基本蜗杆,其左右侧齿面是连续的曲面,而实际应用的滚刀刀刃是有限个数,但刀刃的各组成点均位于基本蜗杆表面上。按前述鼓

* 机械工业部重点资助项目

收稿日期: 1997- 06- 13

修稿日期: 1997- 10- 20

形齿轮理论齿面方程关系可求出与刀刃组成点相对应, 满足共轭条件的各离散点的坐标^[1]。这些点有的可能在鼓形齿轮实体之外, 要经过判断加以剔除, 在鼓形齿轮实体上位于齿面上的点就是刀刃切削齿面形成实际齿面的形成点, 以下结合 GCL-4型鼓形齿轮联轴器的鼓形齿轮共轭滚切, 讨论实际齿面求解的方法和步骤^[2]。

3 求解实际齿面的方法和步骤

(1) 为计算机程序编制的通用性, 将坐标系 S_1 建立在滚刀中部齿槽中央^[3], 如图1所示。滚刀刀刃用下式表示:

$$x_1 = u \cos \alpha \cos \theta \quad (1)$$

$$y_1 = u \cos \alpha \sin \theta \quad (2)$$

$$z_1 = P\theta + (u \sin \alpha - C_c) \operatorname{sig} + k_n \pi n \quad (3)$$

滚切实际刀刃的两参数为:

$$u = f(\theta, \varphi) = \frac{P \operatorname{tg} \cos(\theta + \varphi) \operatorname{sig}}{[\cos \alpha \cos \theta - \sin \alpha \operatorname{tg} \sin(\theta + \varphi)]} \quad (4)$$

$$\theta = g(\theta, \varphi) = \frac{B_1 - A_1(u \sin \alpha - C_c) \operatorname{sig} - k_n \pi n}{P A_1} \quad (5)$$

给定刀刃上一点 M 的 u 值、容屑槽 θ 值, 求得 u 对应下的四个 φ 值, 滤除增根, 求得满足共轭条件的点。将满足共轭条件的滚刀齿面点坐标值及已确定的已知参数代入式(6)中就可求得滚刀齿面坐标值相对应的鼓形齿轮齿面点坐标值 x_7, y_7, z_7 :

$$\begin{bmatrix} x_7 \\ y_7 \\ z_7 \\ t_7 \end{bmatrix} = M_{71} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ t_1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

(2) 条件法判断条件的建立

在鼓形齿轮联轴器旋转一周过程中, 与内齿圈一侧齿面共轭的曲面共有4个, 如图2所示, 其中、部分曲面构成鼓形齿轮实际齿面,、及部分、曲面在切齿时被干涉切掉。滚刀是按鼓形齿轮联轴器的工作原理滚切鼓形齿轮的, 因此鼓形齿轮与滚刀基本蜗杆一侧齿面相共轭的曲面也有四个, 这些曲面是否构成鼓形齿轮实际齿面, 需通过判断条件加以判断。此

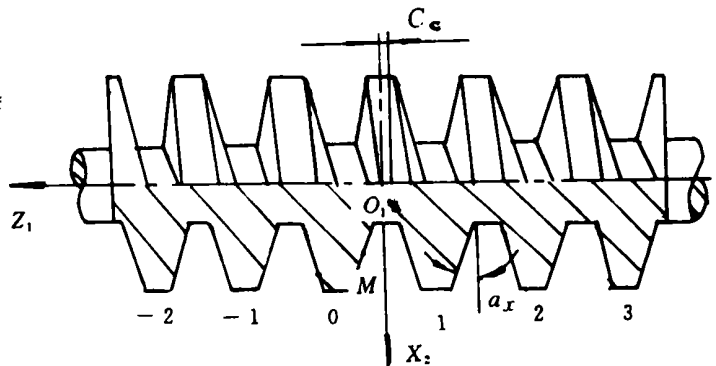


Fig.1 Zero front angle gear hobber with straight ditch

外,在鼓形齿轮实体之外即超过其齿宽、齿顶或小于齿根的各共轭点均应排除。求出的鼓形齿轮曲面点坐标值 x_7, y_7, z_7 应满足下面三个条件:

$$r_f \quad r_7 \quad r_a, \text{ 其中 } r_7 = \sqrt{x_7^2 + y_7^2} \quad (7)$$

$$|z_7| \leq \frac{B}{2} \quad (8)$$

$$|\overline{S_{xi}}| \leq |\overline{S_i}| \quad (9)$$

通过条件法判断条件的建立可清楚看到,滚刀刃在切削过程中尽管满足共轭条件,但不一定形成鼓形齿轮实际齿面,只有同时满足上述三个判断条件,才最终形成鼓形齿轮实际齿面。

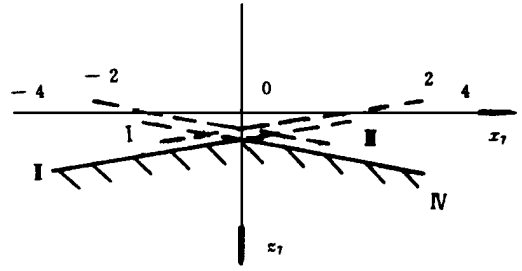


Fig. 2 Envelope tooth surface of crowned gear

4 实际齿面计算与切齿实际结果分析

本实验是在专利设备“鼓形齿轮滚齿机”上完成的。通过改变滚齿机上挂轮箱的挂轮速比以获得不同摆动次数 i_{32} , 通过改变垂直进给速度 v_{02} 值, 以获得多组数值条件下的鼓形齿轮最终加工齿形面。鼓形齿轮左、右齿面粗糙度数值由表面粗糙度轮廓仪测定, 包络次数由判断条件漏除增根最后而得。

根据上述实际齿面计算方法和实验手段, 按不同运动参数, 在 SIMENS 电子计算机上进行 15 组实际齿面计算并进行相应切齿试验, 计算结果及切齿试验结果列于表 1 并分析如下:

Table 1 The calculating and experimental result of crowned gear

swing times i_{32}	hub vertical	right profile	left profile	right	left
	speed amount V_{02}	envelope times N	envelope times N	profile $Ra (\mu\text{m})$	profile $Ra (\mu\text{m})$
8.65	0.15	1349	1284	3.3	3.9
	0.18	1293	1226	3.5	4.2
	0.21	1236	1168	3.7	4.3
	0.24	1172	1104	3.8	4.5
	0.27	1110	1021	3.9	4.8
6.07	0.15	1307	1237	3.7	4.4
	0.18	1265	1197	3.9	4.7
	0.21	1201	1136	4.0	4.8
	0.24	1126	1052	4.1	5.0
	0.27	1039	981	4.3	5.2
4.26	0.15	1218	1164	4.0	4.9
	0.18	1163	1102	4.2	5.0
	0.21	1112	1053	4.4	5.2
	0.24	1050	997	4.5	5.4
	0.27	973	897	4.6	5.9

- 1) 在滚刀垂直进给量相同条件下, 随着齿坯摆动次数的增加, 鼓形齿轮齿面包络次数逐渐增加。
- 2) 在齿坯摆动次数相同条件下, 随滚刀垂直进给量的增加, 鼓形齿轮齿面包络次数逐渐减少。
- 3) 在滚刀垂直进给量, 齿坯摆动次数都相同的条件下, 切削所得右齿面包络次数大于左齿面包络次数。
- 4) 实验结果与计算所得理论结果完全符合。即包络次数多齿面质量好。

5 结 论

采用滚刀共轭滚切鼓形齿轮运动复杂, 啮合运动参数中, 滚刀垂直进给量、滚刀转速、鼓形齿轮摆动次数是彼此独立的, 此运动属于三自由度啮合问题。本文成功地解决了三自由度滚切问题, 建立了鼓形齿轮理论齿面方程, 通过参数确定, 条件法判断条件的建立, 对鼓形齿轮实际齿面作了全面系统的分析, 揭示了不同摆动次数、滚刀垂直进给量下鼓形齿轮左、右齿面包络形成的规律。

本文揭示的规律, 在实际加工中, 在保证切齿效率的前提下, 合理选择齿坯摆动次数和滚刀垂直进给量, 提高鼓形齿轮齿面质量有指导意义。

参 考 文 献

- 1 曾庆力. 鼓形齿轮滚切加工时产生的特殊齿面干涉. 重型机械, 1984(1): 42~47
- 2 彭书志. 共轭滚切联轴器鼓形齿轮齿面的形成. 机械工程学报, 1994, 30(增刊): 183~190
- 3 彭福华. 鼓形齿轮联轴器齿面设计及加工的若干问题. 机械设计, 1985(4): 43~50

Theoretical Investigations of Real Surface Formation of Crowned Gear

PENG Shu-Zhi

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

After the theory surface equation of crown gear is determined, further, we give the original data and set up the condition of the judge way. The paper discovers the effect rules on the real surface conform with the hob vertical cutting amount and the gear swing times. It is important meaning in the reality process.

Key words: Crown gear, Real surface

彭书志 男, 1967年8月生于辽宁省, 1983-1987年就读于吉林工业大学机械工程系机制专业(学士), 1990年6月毕业于吉林工业大学(工学硕士)。从事鼓形齿轮应用研究及超精密机械设计。