(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113681088 A
(43)申请公布日 2021.11.23

(21)申请号 202111129090.0

(22)申请日 2021.09.26

(71)申请人 重庆齿轮箱有限责任公司
地址 402263 重庆市江津区德感镇东方红大街

(72)发明人 黄光磊 郑捷 张琰 陈金虎 王冬冬 刘向阳

(74)专利代理机构 重庆市前沿专利事务所(普通合伙) 50211
代理人 刘代春 肖秉城

(51)Int.Cl.
B23F 5/20(2006.01)
B23F 23/00(2006.01)

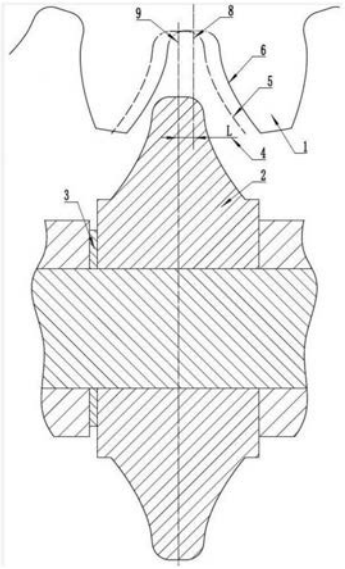
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法

(57)摘要

本发明公开了一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,包括下述步骤:S1、通过检测由铣齿刀盘采用成型加工方法加工得到的齿轮,获得齿形参数值包括,被测齿形相对于标准齿形的左齿面齿廓倾斜偏差平均值和右齿面齿廓倾斜偏差平均值,以及齿顶圆直径和渐开线起始点直径;S2、根据获得的齿形参数值和被测齿轮设计分度圆压力角α,并通过预先构建的计算式计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离;S3、根据获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离消除铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心之间的距离;该方法通过推导出的计算式获得铣齿刀盘齿形中心线偏移距离,以此调整铣齿刀盘安装位置,消除安装误差和自身齿形的对称度误差,提升齿轮加工精度。



CN 113681088 A

1.一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,包括下述步骤:

S1、通过检测由铣齿刀盘成型加工方法加工得到的齿轮,获得被测齿轮的齿形参数值,所述齿形参数值包括,被测齿形相对于标准齿形的左齿面齿廓倾斜偏差平均值(12)和右齿面齿廓倾斜偏差平均值(13),以及齿顶圆直径(10)和渐开线起始点直径(11);

S2、根据获得的齿形参数值和被测齿轮设计分度圆压力角α,并通过预先构建的计算式计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离(4);

S3、根据获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离(4)消除铣齿刀盘齿形中心线(9)与工作台中心之间的距离;

其中,所述计算式根据渐开线圆柱齿轮的齿形结构特点,利用成型加工和相似三角形原理,并按大于零为正向,小于零为反向的设定方向,通过建立三角函数关系推导得到。

2.根据权利要求1所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,所述被测齿轮为由毛坯进行铣齿加工并在齿面上留有一定余量的半成品零件(1)。

3.根据权利要求2所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,对所述半成品零件(1)进行齿形检测时,其检测基准与铣齿加工时的加工基准一致。

4.根据权利要求1所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,所述计算式为:

$$\tan\triangle\alpha=\frac{\mathrm{fham}}{L_A}=\frac{L}{\mathrm{df}/2};$$

其中,△α为被测齿轮的实际加工齿形(5)与标准齿形(6)形成的夹角(7);fham为左右齿面齿廓倾斜误差的平均值;L_A为齿轮被检测区域的渐开线展开弧长;L为铣齿刀盘齿形中心线偏移距离(4);df渐开线起始点直径(11)。

5.根据权利要求4所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,所述左齿面齿廓倾斜偏差平均值(12)和右齿面齿廓倾斜偏差平均值(13)可获得左右齿面齿廓倾斜偏差平均值fham,具有如下关系式:

fham=(fhamL-fhamR)/2;

其中,fhamL为左齿面齿廓倾斜偏差平均值(12);fhamR右齿面齿廓倾斜偏差平均值(13)。

6.根据权利要求4所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,所述计算式中的L_A可根据圆柱齿轮被检测区域的渐开线展开弧长的三角函数关系获得,并具有如下关系式:

$$L_A\approx\frac{(\mathrm{da}-\mathrm{df})/2}{\cos\alpha}$$

其中,da为齿顶圆直径(10);df为渐开线起始点直径(11);被测齿轮设计分度圆压力角α。

7.根据权利要求1所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,根据所述铣齿刀盘齿形中心线偏移距离(4)调节安装调整垫(3)厚度。

8.根据权利要求7所述的高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,其特征在于,所述半成品零件(1)加工至要求尺寸的齿轮件,再次复检齿轮齿形精度。

一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及齿轮加工技术,特别是一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法。

背景技术

[0002] 铣齿是齿轮粗开齿加工工艺的一种,由于其相较于滚齿具有更高的加工效率和更优的表面粗糙度而被广泛应用,且有取代滚齿工艺的趋势。但由于加工原理不同,铣齿齿形精度等级低于滚齿工艺,对后续加工工序造成影响。为了使铣齿可以替代滚齿,以获得更高的加工效率,必须提高铣齿齿形精度等级。

[0003] 铣齿加工原理与滚齿不同,滚齿属于展成法,而铣齿则属于成型加工,影响被加工齿轮齿形精度的因素除了机床自身精度、铣齿刀盘精度和切削参数外,还有铣齿刀盘对中误差。其中,机床自身精度等级和铣齿刀盘精度等级在设备交付验收时已固定,对零件加工厂家来说很难再进行优化,切削参数通常只影响表面粗糙度质量,不是影响齿形精度的直接因素;而铣齿刀盘对中误差属于可调整参数,并且会直接造成齿轮齿形偏移误差超差。铣齿刀盘对中误差,指铣齿刀盘齿形中心线与被加工零件中心(即机床工作台中心)的重合度误差,如附图1所示,铣齿刀盘对中偏移后被加工齿轮齿形与标准齿形会形成如附图3的夹角△α,在检测齿形精度时报告则呈现附图4的倾斜状态。

[0004] 目前铣齿刀盘对中误差的检测,多采用对中检测工装进行检测,对中检测工装有以下缺点:检测工装安装使用过程比较繁琐,主要用于机床厂家在铣齿机安装调试时使用;工装检测精度不高,误差约有0.1～0.2mm左右,会造成齿轮齿形偏移误差约0.03～0.04mm,综合齿形形状误差后,容易造成齿形综合误差超差;检测工装只能检测铣齿刀安装位置是否对中,但在实际加工中,铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心不重合(即铣齿刀盘自身的对称度误差),如附图2所示,导致不同的铣齿刀盘与加工的零件对中误差存在明显差异,影响齿轮齿形加工精度。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是针对对中检测工装检测铣齿刀盘对中误差具有上述缺点,而影响齿轮齿形加工精度的问题,提供一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法以解决上述问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案。

[0007] 一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法,包括下述步骤:

[0008] S1、通过检测由铣齿刀盘成型加工方法加工得到的齿轮,获得被测齿轮的齿形参数值,所述齿形参数值包括,被测齿形相对于标准齿形的左齿面齿廓倾斜偏差平均值和右齿面齿廓倾斜偏差平均值,以及齿顶圆直径和渐开线起始点直径;

[0009] S2、根据获得的齿形参数值和被测齿轮设计分度圆压力角α,并通过预先构建的计算式计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离;

[0010] S3、根据获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离消除铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心之间的距离;

[0011] 其中，所述计算式根据渐开线圆柱齿轮的齿形结构特点，利用成型加工和相似三角形原理，并按大于零为正向，小于零为反向的设定方向，通过建立三角函数关系推导得到。

[0012] 采用前述技术方案的本发明，通过检测由铣齿刀盘成型加工方法加工得到的齿轮的齿形参数值，将检测获得的齿形参数值和被测齿轮设计分度圆压力角α代入根据渐开线圆柱齿轮的齿形结构特点，利用成型加工和相似三角形原理，通过建立三角函数关系推导出的计算式，通过该技术公式计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离，铣齿刀盘齿形中心线偏移距离是指铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心的距离；由于铣齿刀盘齿形中心线偏移距离等于铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心之间的距离，即利用该计算结果调整铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心之间的距离，并使铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心重合，消除铣齿刀盘对中误差，从而提高齿轮齿形精度等级。

[0013] 优选的，所述被测齿轮为由毛坯进行铣齿加工并在齿面上留有一定余量的半成品零件。通过将毛坯件加工成齿面上留有一定余量的半成品零件，便于后续工序检测该半成品的齿形精度，获得该半成品的齿形检测报告数据，通过计算得出的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离，再调整铣齿刀盘的位置，对留有的余量铣齿加工修正齿形。

[0014] 优选的，对所述半成品零件进行齿形检测时，其检测基准与铣齿加工时的加工基准一致。

[0015] 这样可有利于正确判断铣齿刀盘相对于工作台中心的偏移方向。

[0016] 优选的，所述计算式为：$\tan\triangle\alpha=\frac{\mathrm{fham}}{L_A}=\frac{L}{\mathrm{df}/2}$；其中，△α为被测齿轮的实际加工齿形与标准齿形形成的夹角；fham为左右齿面齿廓倾斜误差的平均值；L_A为齿轮被检测区域位于分度圆外的渐开线展开弧长；L为铣齿刀盘齿形中心线偏移距离；df渐开线起始点直径。

[0017] 通过三角函数关系获得上述计算式，通过该计算式的中等式关系，可计算得到铣齿刀盘齿形中心线偏移距离L。

[0018] 优选的，所述左齿面齿廓倾斜误差的平均值和右齿面齿廓倾斜误差的平均值可得到左右齿面齿廓倾斜误差的平均值fham，具有如下关系式：

[0019] fham＝(fhamL-fhamR)/2；

[0020] 其中，fhamL为左齿面齿廓倾斜误差的平均值；fhamR右齿面齿廓倾斜误差的平均值。

[0021] 通过获得上述的关系式后，将等式右侧代入计算式中，辅助计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离L。

[0022] 优选的，所述计算式中的L_A可根据圆柱齿轮被检测区域的渐开线展开弧长的三角函数关系获得，并具有如下关系式：

[0023] $$L_A\approx\frac{(\mathrm{da}-\mathrm{df})/2}{\cos\alpha}$$

[0024] 其中，da为齿顶圆直径；df为渐开线起始点直径；被测齿轮设计分度圆压力角α。

[0025] 通过将上述关系式的等式右侧代入计算式中，辅助计算铣齿刀盘齿形中心线偏移

距离L。通过本发明方法中的计算式计算出的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离L，可将由于铣齿刀具对中误差造成的齿形偏移误差降低至0.01mm以内。

[0026] 优选的，所述的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离调节安装调整垫厚度。如果获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离为正则增加调整垫使铣齿刀盘齿形中心向预定方向修正，如果获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离为负则减少调整垫使铣齿刀盘齿形中心向预定方向的相反方向修正；根据铣齿刀盘齿形中心线偏移距离L，修正调整垫的厚度值，可将由于铣齿刀盘对中误差造成的齿廓倾斜偏差降低至0.01mm以内，极大提高齿形精度等级。

[0027] 进一步优选地，所述半成品零件加工至要求尺寸的齿轮件，再次复检齿轮齿形精度。检测齿廓倾斜偏差是否在合格的范围内。

[0028] 本发明的有益效果是，通过检测由铣齿刀盘成型加工方法加工得到的齿轮的齿形参数值，将检测获得的齿形参数值和被测齿轮设计分度圆压力角α代入根据渐开线圆柱齿轮的齿形结构特点，利用成型加工和相似三角形原理，通过建立三角函数关系推导出的计算式，通过该技术公式计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离，铣齿刀盘齿形中心线偏移距离是指铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心线之间的距离；利用该计算结果调整铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心之间的距离，并使铣齿刀盘齿形中心线与工作台中心重合，消除铣齿刀盘对中误差，可将由于铣齿刀具对中误差造成的齿廓倾斜偏差降低至0.01mm以内，从而提高齿轮齿形精度等级，使铣齿精度达到了可以替代滚齿工艺的水平，很大提高了加工效率。同时，本发明操作过程相对简易，可操作性高，不需要使用工装即可得出目前铣齿刀对中误差值。

附图说明

[0029] 图1是本发明的铣齿刀盘中心线对中误差示意图；

[0030] 图2是本发明的铣齿刀盘自身对称度误差示意图；

[0031] 图3是本发明的铣齿刀盘中心线偏移后加工的齿形与标准齿形对比图；

[0032] 图4是本发明的齿形检测报告示例图；

[0033] 图5是本发明的加工流程图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明作进一步说明，但并不因此将本发明限制在所述的实施例范围之中。

[0035] 说明书附图中的附图标记包括：半成品零件1、铣齿刀盘2、安装调整垫3、铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4、实际加工齿形5、标准齿形6、标准齿形与实际加工齿形的夹角7、工作台中心线8、铣齿刀盘齿形中心线9、齿顶圆直径10、渐开线起始点直径11、左齿面齿廓倾斜偏差平均值12、右齿面齿廓倾斜偏差平均值13。

[0036] 一种高精度圆柱齿轮铣齿加工方法，包括下述步骤：

[0037] S1、通过检测由铣齿刀盘成型加工方法加工得到的齿轮，获得被测齿轮的齿形参数值，所述齿形参数值包括，齿顶处被测齿形相对于标准齿形的左齿面齿廓倾斜偏差平均值12和右齿面齿廓倾斜偏差平均值13，以及齿顶圆直径10和渐开线起始点直径11；

[0038] S2、根据获得的齿形参数值和被测齿轮设计分度圆压力角α，并通过预先构建的计

算式计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4；

[0039] S3、根据获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4消除铣齿刀盘齿形中心线9与工作台中心之间的距离；

[0040] 其中，所述计算式根据渐开线圆柱齿轮的齿形结构特点，利用成型加工和相似三角形原理，并按大于零为正向，小于零为反向的设定方向，通过建立三角函数关系推导得到。

[0041] 根据获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4消除铣齿刀盘齿形中心线9与工作台中心之间的距离。

[0042] 所述被测齿轮为由毛坯进行铣齿加工并在齿面上留有一定余量的半成品零件1。

[0043] 其中，参见图3和图4，所述计算式为：$\tan\triangle\alpha=\frac{fham}{L_A}=\frac{L}{df/2}$；

[0044] 其中，△α为被测齿轮的实际加工齿形5与标准齿形6形成的夹角7；fham为左右齿面齿廓倾斜偏差平均值；L_A为齿轮被检测区域位于分度圆外的渐开线展开弧长；L为铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4；df渐开线起始点直径11。

[0045] 参见图4，所述左齿面齿廓倾斜偏差平均值12和右齿面齿廓倾斜偏差平均值13可得到左右齿面齿廓倾斜偏差平均值fham，具有如下关系式：

[0046] fham＝(fhamL-fhamR)/2；

[0047] 其中，fhamL为左齿面齿廓倾斜偏差平均值12；fhamR为右齿面齿廓倾斜偏差平均值13。

[0048] 参见图3，所述计算式中的L_A可根据圆柱齿轮被检测区域的渐开线展开弧长的三角函数关系具有如下关系式：

[0049] $L_A\approx\frac{(da-df)/2}{\cos\alpha}$

[0050] 其中，da为齿顶圆直径10；df为渐开线起始点直径11；被测齿轮设计分度圆压力角α。

[0051] 对所述半成品零件1进行齿形检测时的基准朝向与加工时的朝向保持一致。

[0052] 所述的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4调节安装调整垫3厚度。如图1所示，如果获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4为正则增加调整垫3使铣齿刀盘齿形中心向右修正，如果获得的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4为负则减少调整垫3使铣齿刀盘齿形中心向左修正；根据铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4，修正调整垫的厚度值，可将由于铣齿刀具对中误差造成的齿廓倾斜偏差降低至0.01mm以内，极大提高齿形精度等级。

[0053] 最后将所述半成品零件1加工至要求尺寸的齿轮件，再次复检齿轮齿形精度。

[0054] 在实际操作时，根据计算式$\tan\triangle\alpha=\frac{fham}{L_A}=\frac{L}{df/2}$计算铣齿刀盘齿形中心线偏移距离L，将关系式fham＝(fhamL-fhamR)/2和$L_A\approx\frac{(da-df)/2}{\cos\alpha}$代入计算式中，获得关系式

$L \approx \frac{(\mathrm{fham}L - \mathrm{fham}R) \times \mathrm{df} \times \cos\alpha}{2 \times (\mathrm{da} - \mathrm{df})}$；以附图4检测报告为例，fhamL＝0.3033mm，fhamR＝-0.392，da＝785mm，df＝695mm，查工程图纸知α＝20°。根据上式计算L≈2.52mm，铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4为2.52mm，参见图2，本发明中的铣齿刀盘齿形中心线偏移距离4为工作台中心线8与铣齿刀盘齿形中心线9之间的距离，则增加安装调整垫3厚度2.52mm，使铣齿刀盘齿形中心线9向右移动，若计算结果为负值，则减少调整垫相应厚度，使铣齿刀盘齿形中心线9向左移动。

[0055] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解，本发明不受上述实施例的限制，上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理，在不脱离本发明精神和范围的前提下，本发明还会有各种变化和改进，这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

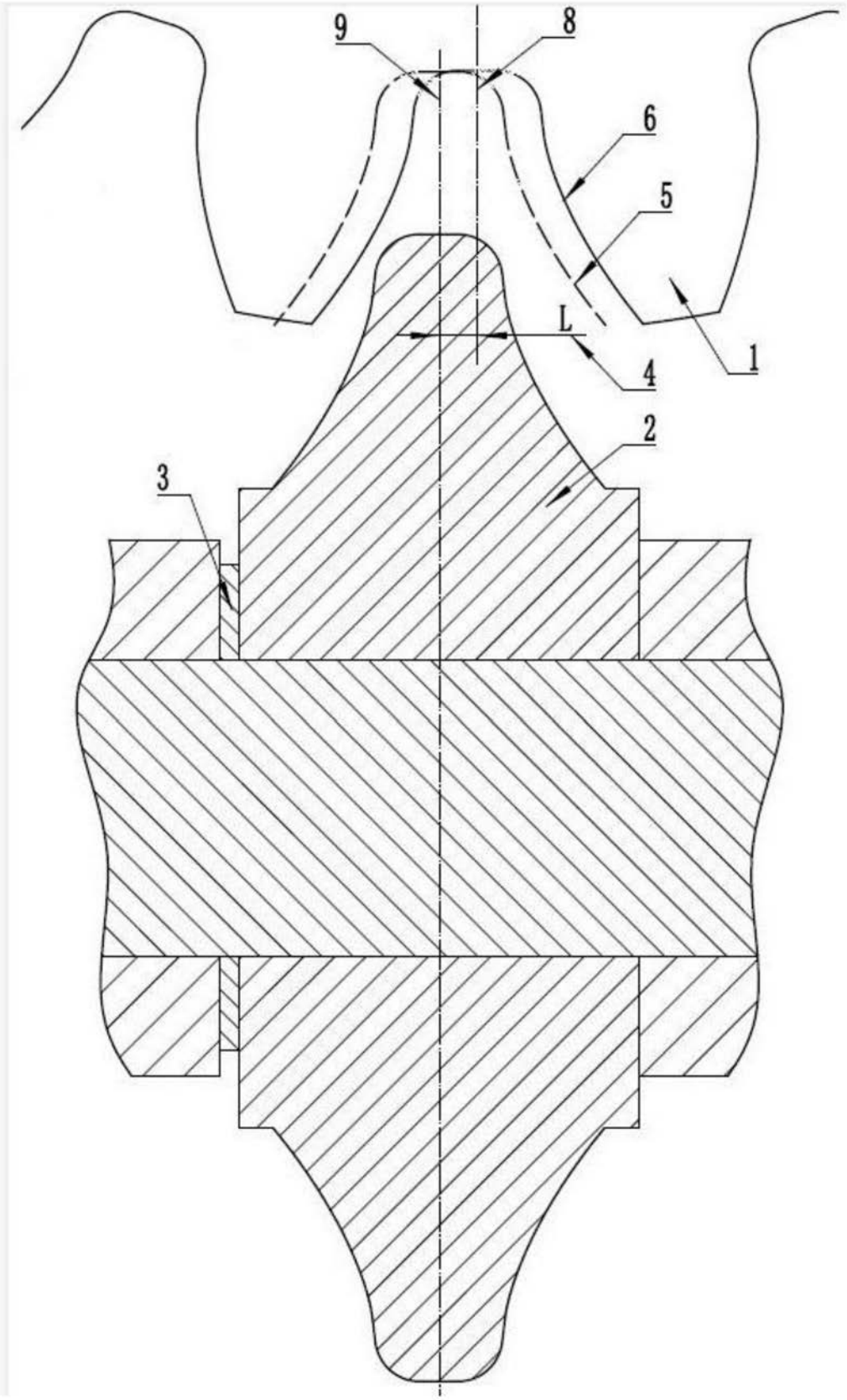


图1

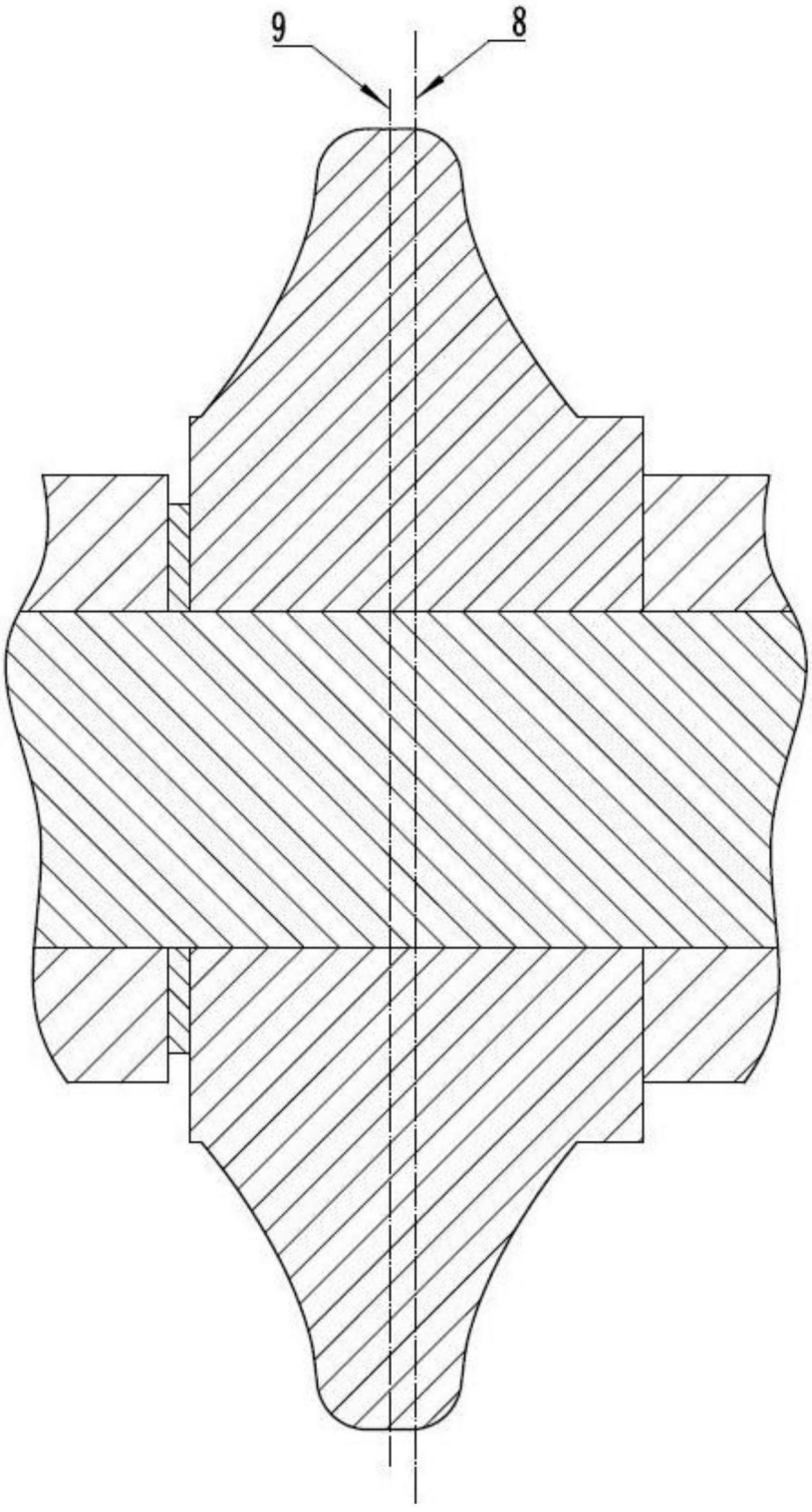


图2

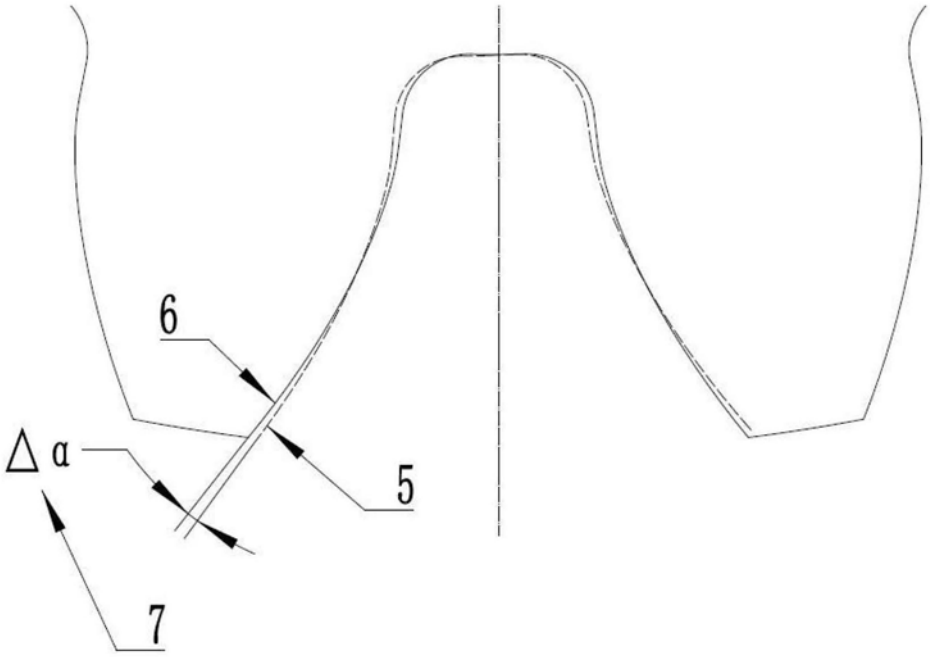


图3

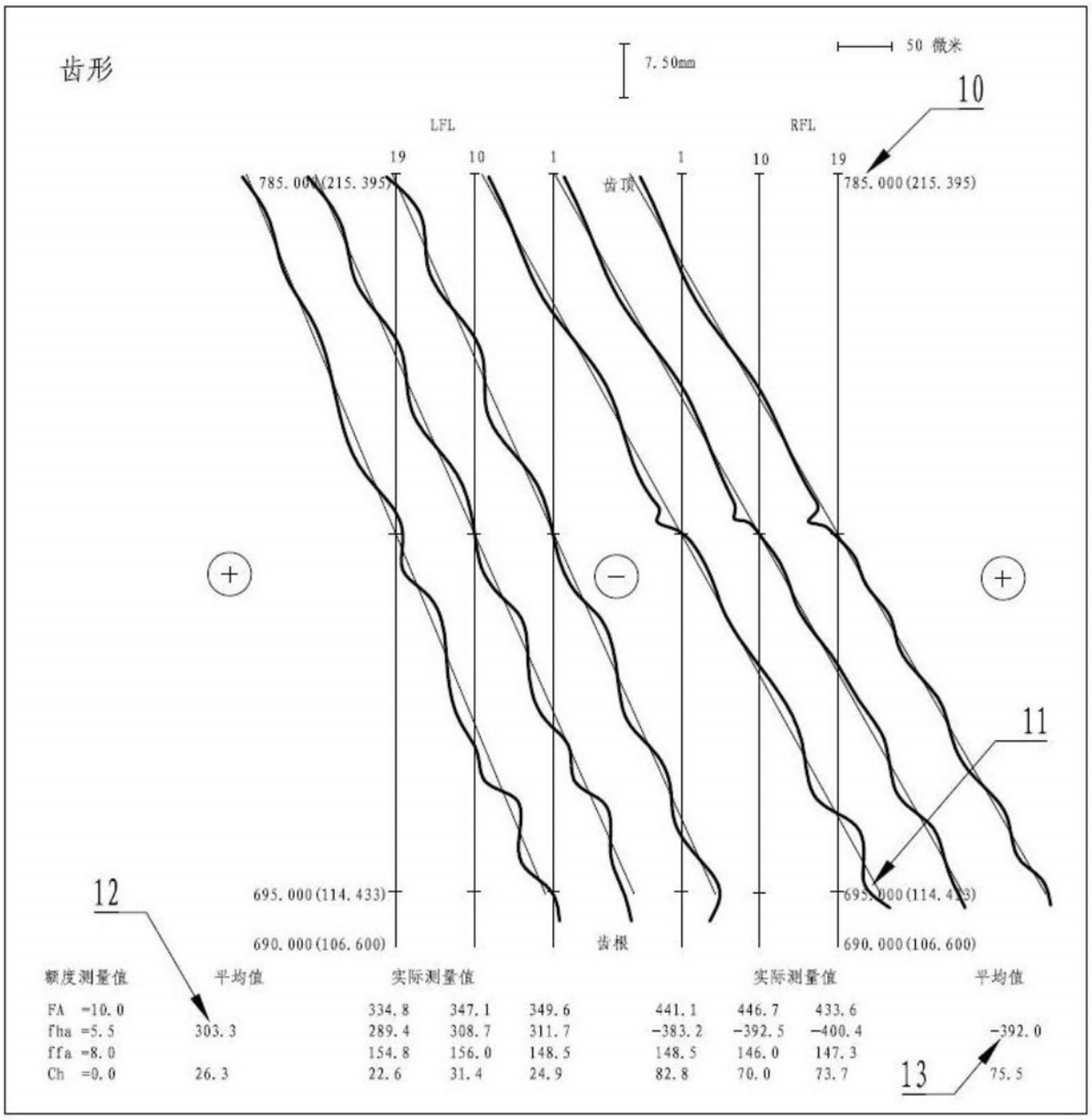

齿形
7.50mm
50 微米
10
LFL
RFL
19
10
1
1
10
19
785.000(215.395)
齿顶
785.000(215.395)
11
12
695.000(114.433)
695.000(114.433)
690.000(106.600)
齿根
690.000(106.600)
额度测量值
平均值
实际测量值
实际测量值
平均值
FA =10.0
fha =5.5
ffa =8.0
Ch =0.0
303.3
26.3
334.8 347.1 349.6
289.4 308.7 311.7
154.8 156.0 148.5
22.6 31.4 24.9
441.1 446.7 433.6
-383.2 -392.5 -400.4
148.5 146.0 147.3
82.8 70.0 73.7
-392.0
75.5
13

图4

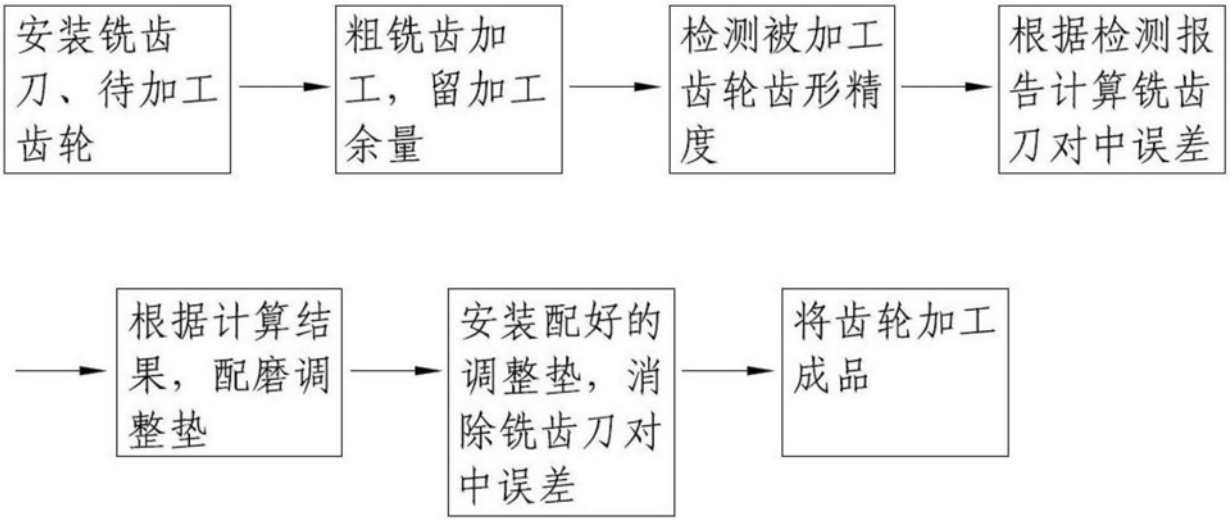

安装铣齿刀、待加工齿轮
粗铣齿加工，留加工余量
检测被加工齿轮齿形精度
根据检测报告计算铣齿刀对中误差
根据计算结果，配磨调整垫
安装配好的调整垫，消除铣齿刀对中误差
将齿轮加工成品

图5