

KISSsoft 03/2013 – 教程 12

精密小模数行星轮系的选型

KISSsoft AG

Rosengartenstrasse 4
8608 Bubikon
Switzerland

Tel: +41 55 254 20 50
Fax: +41 55 254 20 51
info@KISSsoft.AG
www.KISSsoft.AG

目录

1	任务	3
2	打开 KISSsoft	3
2.1	程序启动	3
2.2	启动“行星轮”计算模块	3
2.3	基本设置	4
2.4	设置约束	4
2.4.1	定义材料	5
2.4.2	定义计算方法和工况	5
2.4.3	定义额外的因素	6
2.5	粗选型	6
2.6	精细选型	9
2.7	优化齿形	13
2.8	拓展教程	17

1 任务

设计一组行星齿轮系，其输入转矩 450 Nmm (0.45 Nm)、转速 10000 rpm、公称传动比为 4.25。所需的使用寿命为 20000 小时，应用系数 $KA=1.25$ 。齿圈的外径是 35mm，齿根直径和外圈直径相距 3mm，齿轮采用粉末冶金材料制造。模数要求必须大于 0.5mm(根据实际生产要求来定)。由于不采用传统滚刀切削加工，因此可以极大限度得优化几何齿形。在本案例中，使用计算方法的背景是 AGMA:2101-D04。

2 打开 KISSsoft

2.1 程序启动

在 KISSsoft 软件安装并激活后，用户可依次点击“开始→程序→KISSsoft 03-2013→KISSsoft”打开程序。KISSsoft 用户操作界面如下图所示：

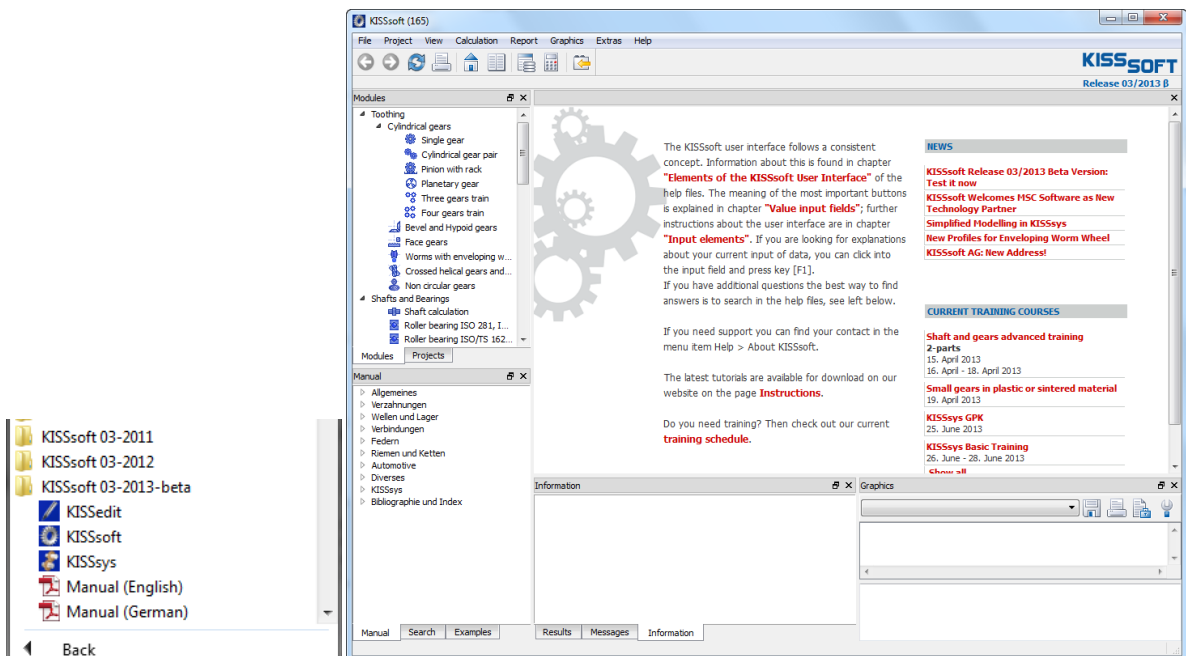


图 1. KISSsoft 的主窗口

2.2 启动“行星轮”计算模块

在“模块树”窗口中，双击对应零部件图标来激活“行星轮”的模块，如图 2 所示：

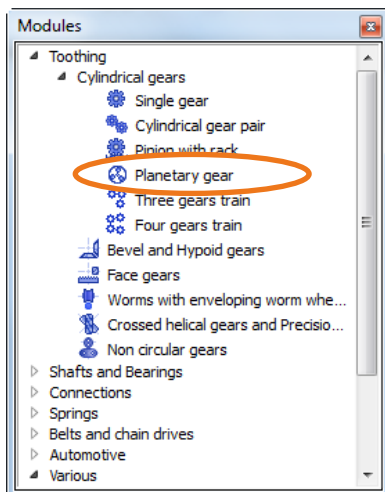


图 2. 在“**Modules**”模块列表中选择对应“行星轮”的计算模块

2.3 基本设置

在草案设计阶段期间经常发现一些方案出现几何误差 (KISSsoft 会自动取消计算), 我们建议用户到“module specific settings”里激活“Allow large profile shift”和“Don't abort when geometry errors occur”。这将允许 KISSsoft 即便齿形错误也不中断计算和得到结果, 如图 3 所示。

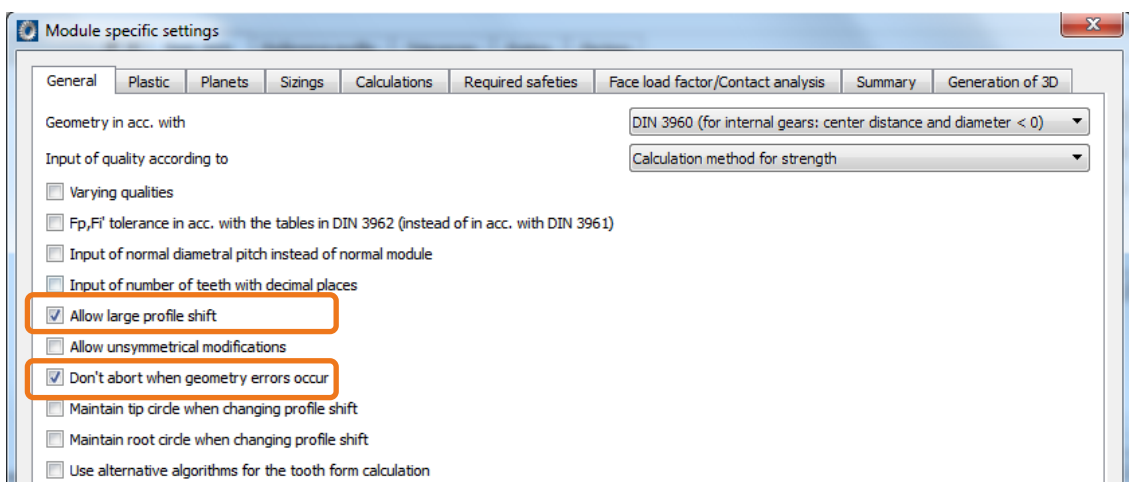


图 3. “Module specific settings” 窗口

2.4 设置约束

单击[OK], 回到主对话框。在“Basic data”选项栏里输入所需行星轮的数量, 如图 4 所示。



图 4. 定义行星轮的数量

2.4.1 定义材料

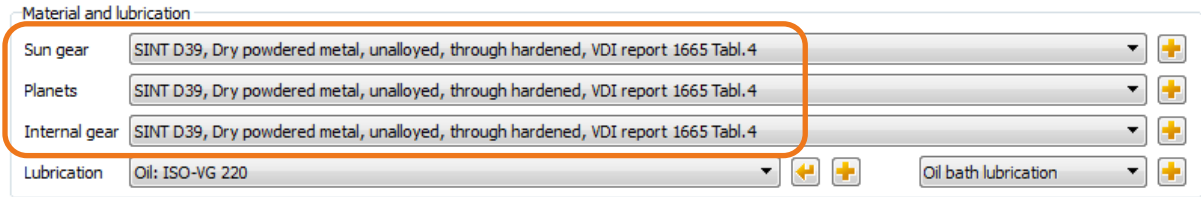



图 5. 定义材料

2.4.2 定义计算方法和工况

选择所需的计算方法(1),然后输入应用系数(2)和使用寿命(3)。单击“power”附近的“ ”然后输入载荷,参见图 6。

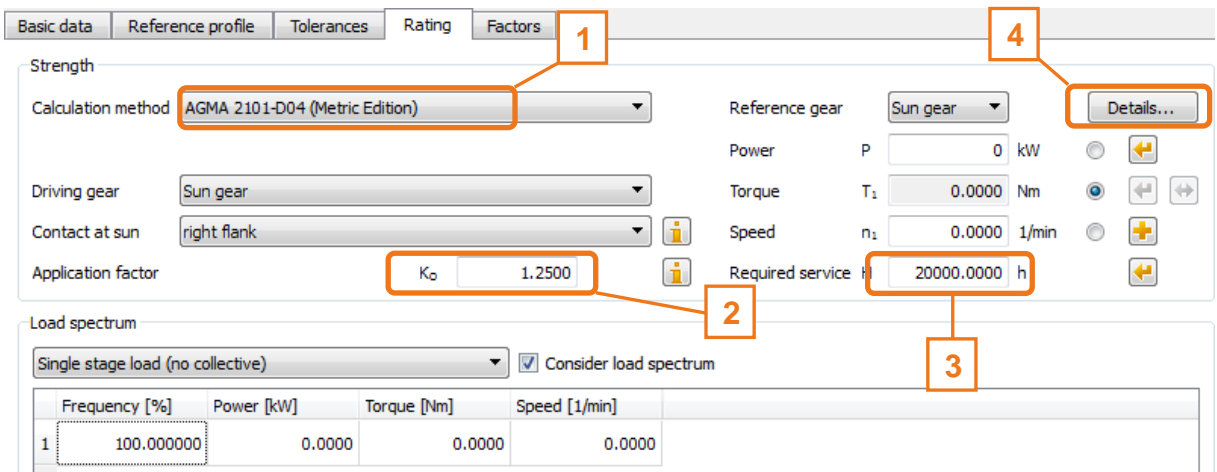


图 6. 工况、计算方法的输入

如果采用 AGMA 2101 –D04 标准计算行星齿轮组,那么最好激活“the graphical method for factor Y”(因为这会影响根应力的计算)。点击“Rating—> Details”选项栏(4),激活图解法 (5)和定义应力应用 (6)。

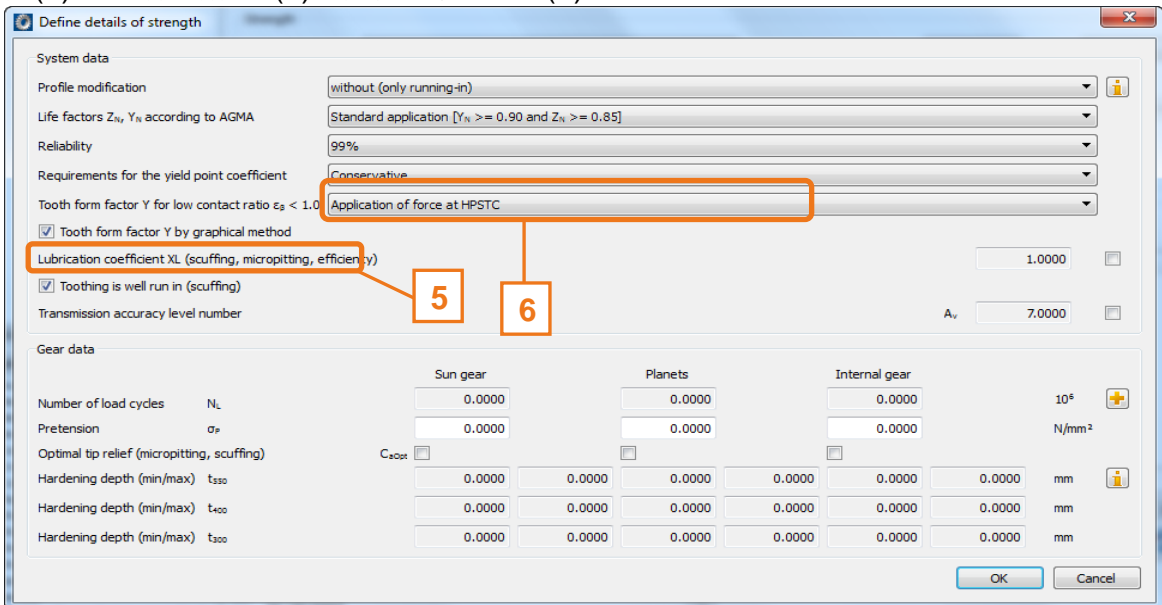


图 7. 定义强度的细节选项

定义转矩的单位，可以在单位处点击鼠标选择用户需要的单位，如图 8 所示。

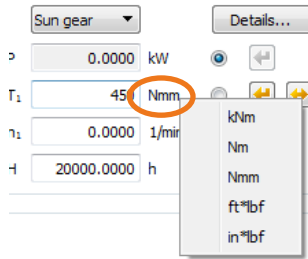


图 8. 设置扭矩单位

输入齿轮的工况(1)，如扭矩、转速等 (如果扭矩和转速已经输入，软件会自动计算功率值，如图 9 所示。

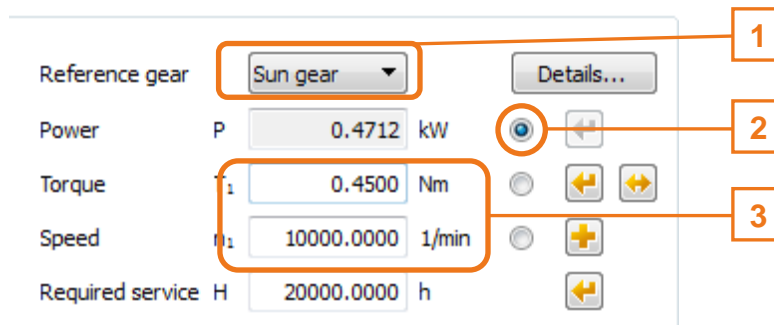


图 9. 工况输入

2.4.3 定义额外的因素

载荷分布系数 K_v ，会增加单个行星轮上的负载。在本次案例中，在“**factors**”选项栏，输入载荷分布系数为 1.0。

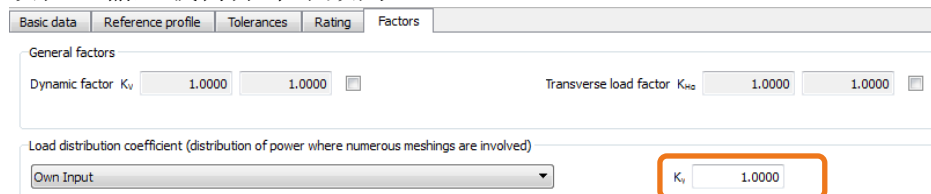


图 10. 定义载荷分布系数

2.5 粗细选型

打开粗选型对话框，输入集体的参数。

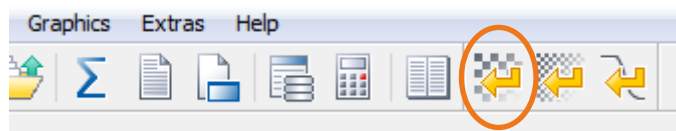


图 11. 打开粗选型对话框

然后输入公称传动比。如果 KISSsoft 根据基本设置来计算，计算出的模数会非常小。出于这个原因,用户应该降低齿数范围从 9 到 14，使 KISSsoft 计算时选择大模数。但是通常没有必要改变齿数的默认值。最后点击[Calculate]。

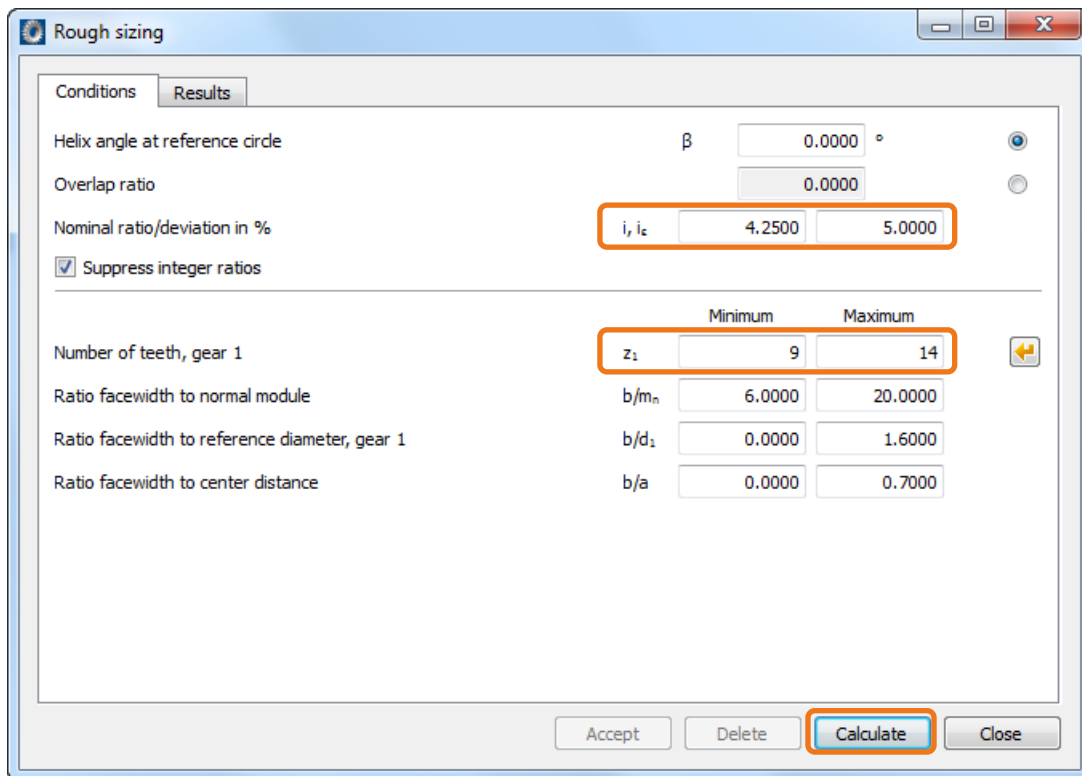


图 12. 粗选型对话框

点击[OK]，确认齿轮 1 到 3 提示消息，如图 13 所示。

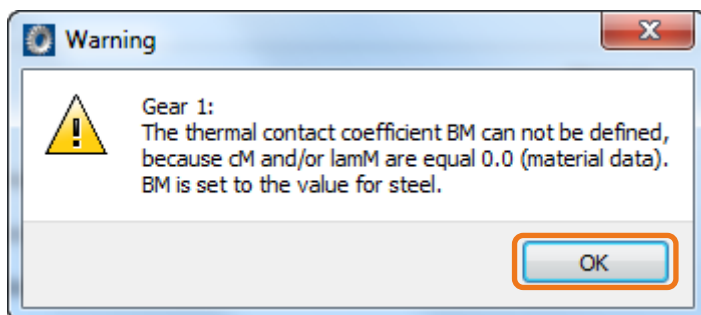


图 13. 提示警告对话框

检查结果，如果有满意的，点击[Accept]选择相关的解决方案，如图 14 所示。

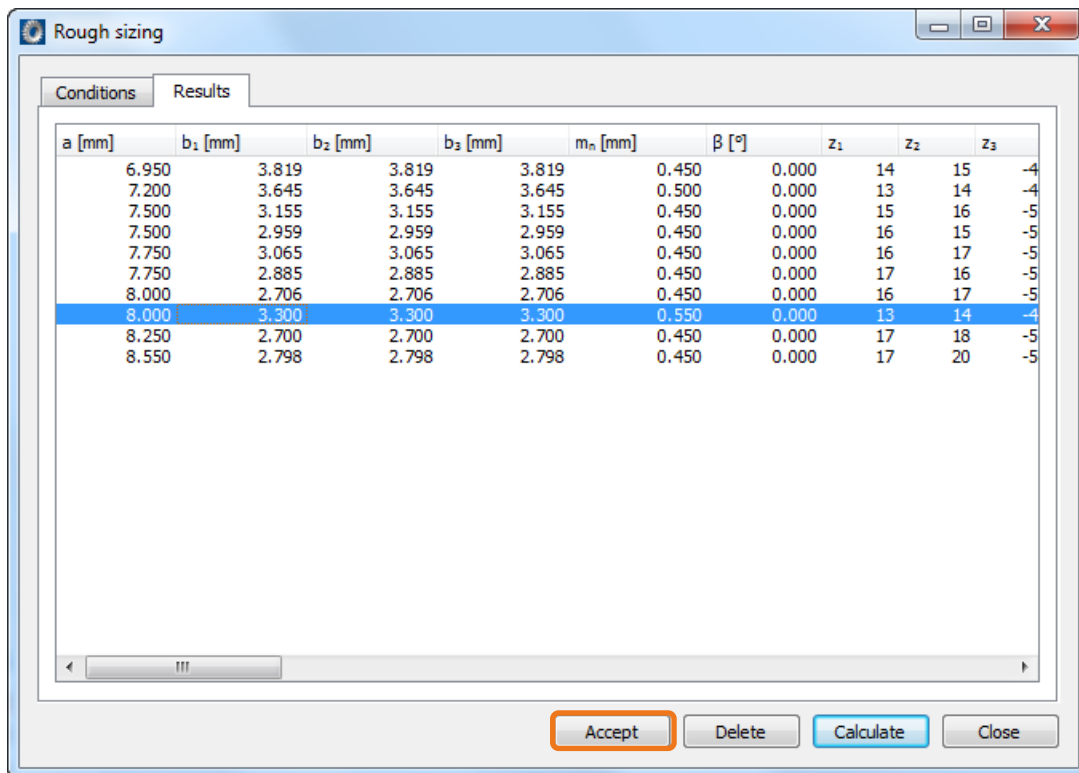


图 14. 粗选型结果栏

粗选型计算出的数据已经导入到主要参数窗口里，然后关闭粗选型。

注意:

1. 只要粗选型功能打开，用户可以将任何其他解决方案导入到主要对话框里。然而，关闭粗选型后，结果就不再可用。细选型功能就是处理这种情况。
2. 当模数小于 1.0 时，我们建议用户使用一个不同的公差标准。要做到这一点，在“Tolerances”选项栏里，对于每个齿轮，都选择齿厚公差标准“DIN 58405 10e”，如图 1 所示 5。标准中 10 代表品质(间隔宽度)，10 是比较低的品质。字母“e”代表间隔限制和侧隙。出于这个原因，用户应该在“Basic data”选项栏，也设置了相应的品质设置为 10，如图 17 所示。

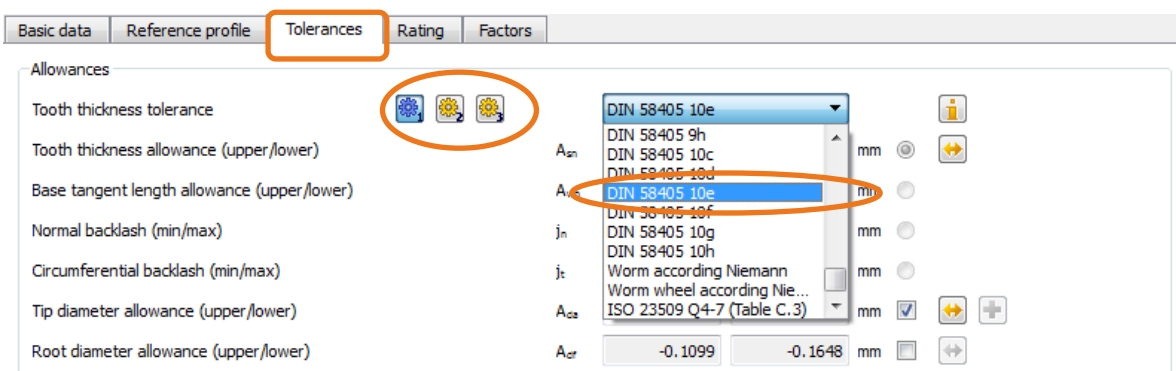


图 15. 设置公差

已经定义好公差后，用户可能想要输入一个更好的齿宽值(在这个示例中，用户不需改变齿宽值)，单击[Calculate F5]。现在可以看到第一次粗略选型出的行星齿轮组的结果显示在“Results overview”里，如图 1 所示 7。单击[No]关闭提示窗口，如图 16 所示。

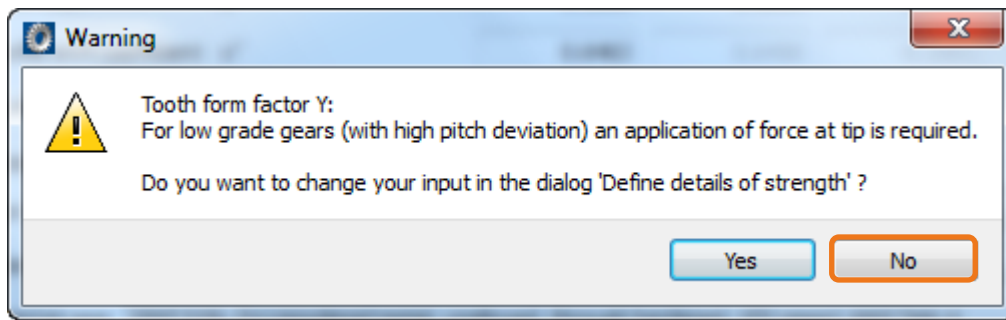


图 16. 改变齿形参数

2.6 精细选型

在完成了初步选型步骤后，软件提供细选型功能，输入更加正确的尺寸来得到一个更加优化的方案。现在，为生成一个优化的解决方案，点击细选型按钮，如图 17 所示。

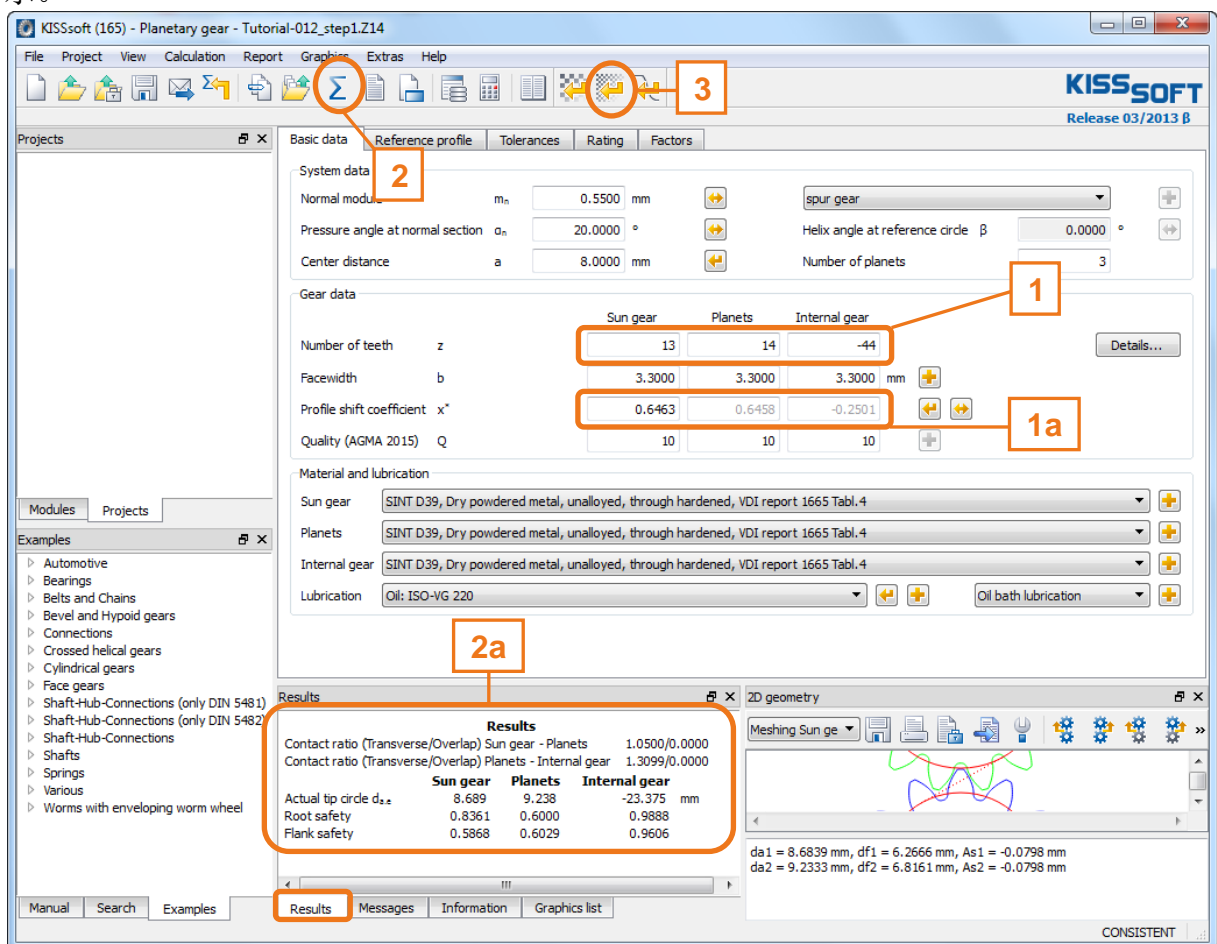

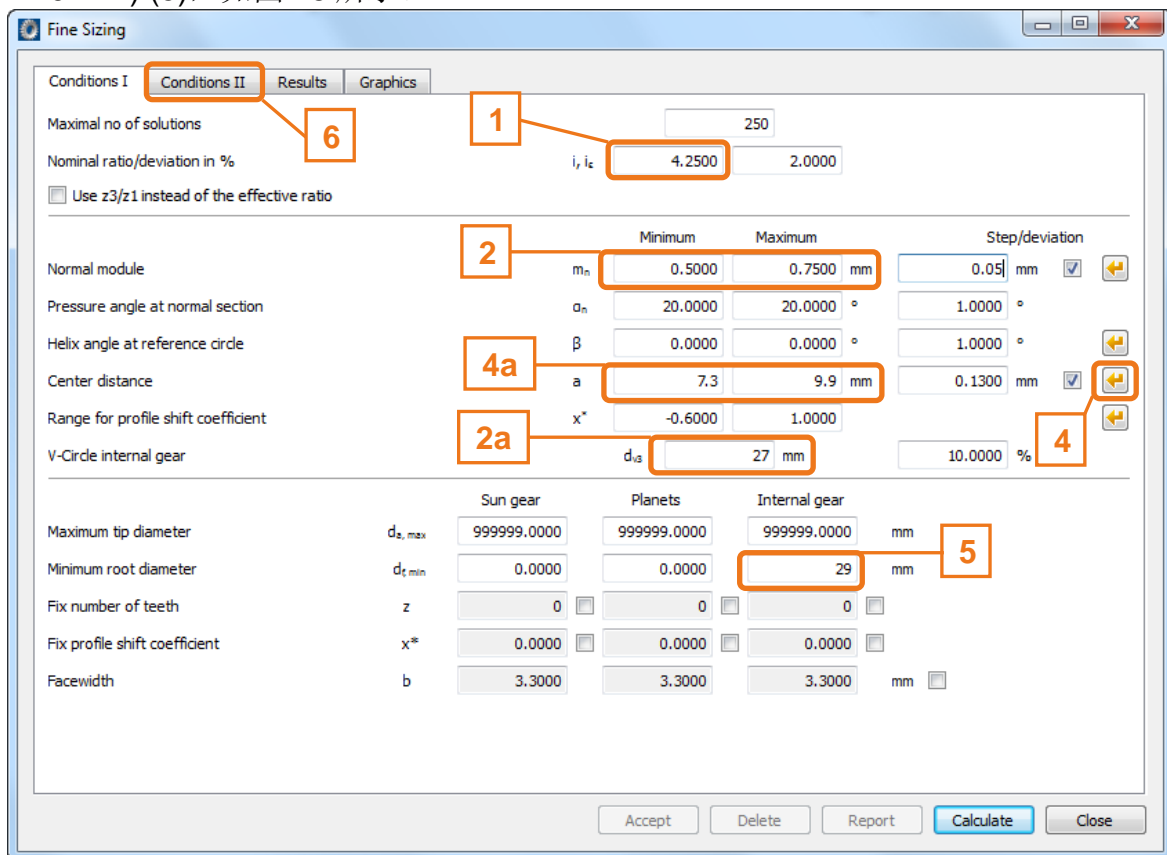


图 17. 计算并检查结果，同时进行细选型

首先，检查公称传动比(在粗选时，可能稍有变化)，然后输入所需值的范围和增加模数(KISSsoft 将自动选择非常小的值)。定义参考圆齿圈的目标值(3)。为定义准确的直径，从齿轮外径 (35mm) 扣除在齿根下方的 3mm 材料两次 (作为最小齿根直径)，最后测量出的直径为 29mm。然后进一步减少 2 * 1mm 的齿根值(这个值不需要是正确的,因为允许偏差设置为 10%)。

点击“”，软件会自动显示出中心距可能的范围。为了使齿轮的齿根直径足够小以确保在齿根以下仍然有足够的材料，用户必须输入合适的值(本案例 $35-2 \times 3 \text{ mm} = 29 \text{ mm}$) (5)，如图 18 所示。



Fine Sizing

Conditions I **Conditions II** Results Graphics

Maximal no of solutions: 250

Nominal ratio/deviation in %: 4.2500, 2.0000

☐ Use z3/z1 instead of the effective ratio

	Minimum	Maximum	Step/deviation
Normal module m_n	0.5000	0.7500 mm	0.05 mm
Pressure angle at normal section α_n	20.0000	20.0000 °	1.0000 °
Helix angle at reference circle β	0.0000	0.0000 °	1.0000 °
Center distance a	7.3	9.9 mm	0.1300 mm
Range for profile shift coefficient x^*	-0.6000	1.0000	
V-Circle internal gear $d_{i,s}$		27 mm	10.0000 %

	Sun gear	Planets	Internal gear
Maximum tip diameter $d_{a,max}$	999999.0000	999999.0000	999999.0000 mm
Minimum root diameter $d_{f,min}$	0.0000	0.0000	29 mm
Fix number of teeth z	0	0	0
Fix profile shift coefficient x^*	0.0000	0.0000	0.0000
Facewidth b	3.3000	3.3000	3.3000 mm

Accept Delete Report Calculate Close

图 18. 细选型对话框

然后在“Conditions II”选项栏进行其他设置。根据细选型的结果，用户也可以评估当前列表中的变量。

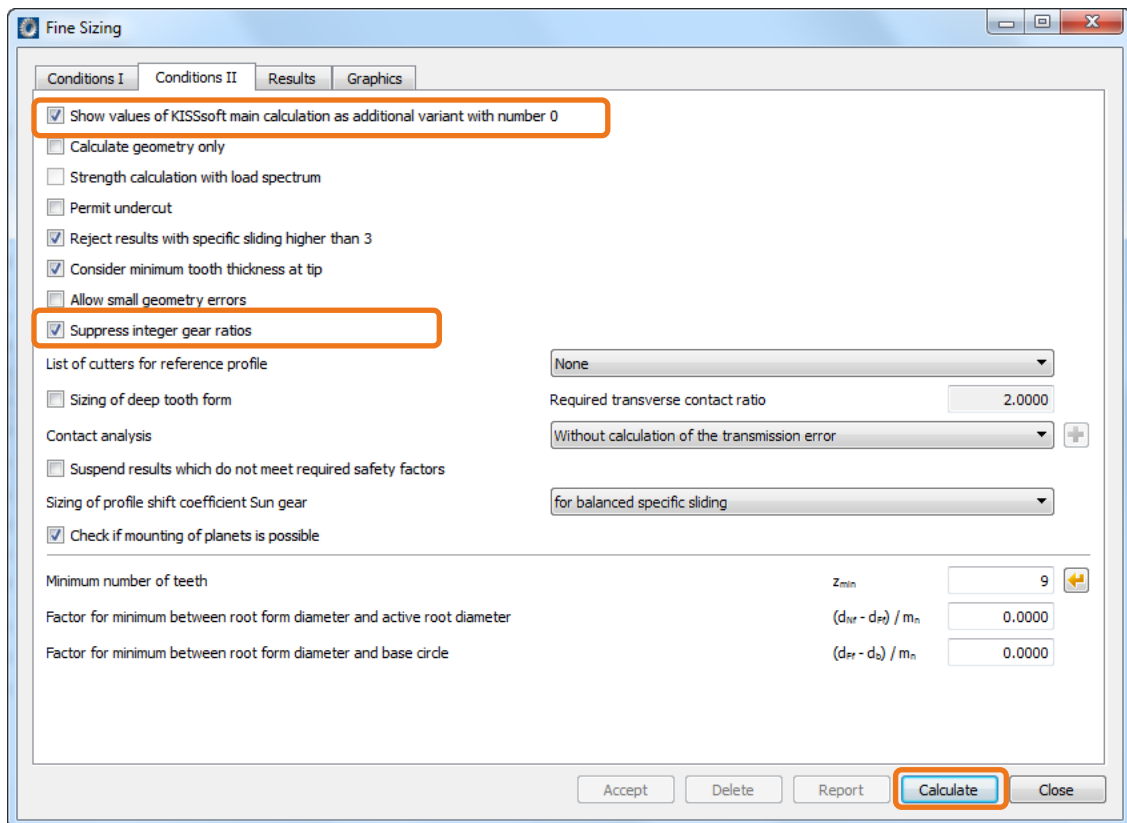


图 19. 其它参数设置

点击[Calculate]开始细选型计算。如果找到了解决方案，点击“Graphics”选项栏。(如果没有,软件会有消息告诉说没有找到任何解决办法)

如果用户现在只考虑安全因素，方案 9 则是非常合适：齿根安全系数是足够大，齿侧安全系数也是绰绰有余。用户通常可以通过修改齿根几何来提高齿根安全系数，齿侧安全系数同样也很重要。正常情况下,用户也可以检查其他标准(如横向重合度，滑动比等等)。因为这些标准紧密联系着用户处理的特定问题，这个问题不是在这里讨论，本教程中转移到解决方案 12。请参考文档末尾的教程列表，其中有更多关于细选型功能的信息。

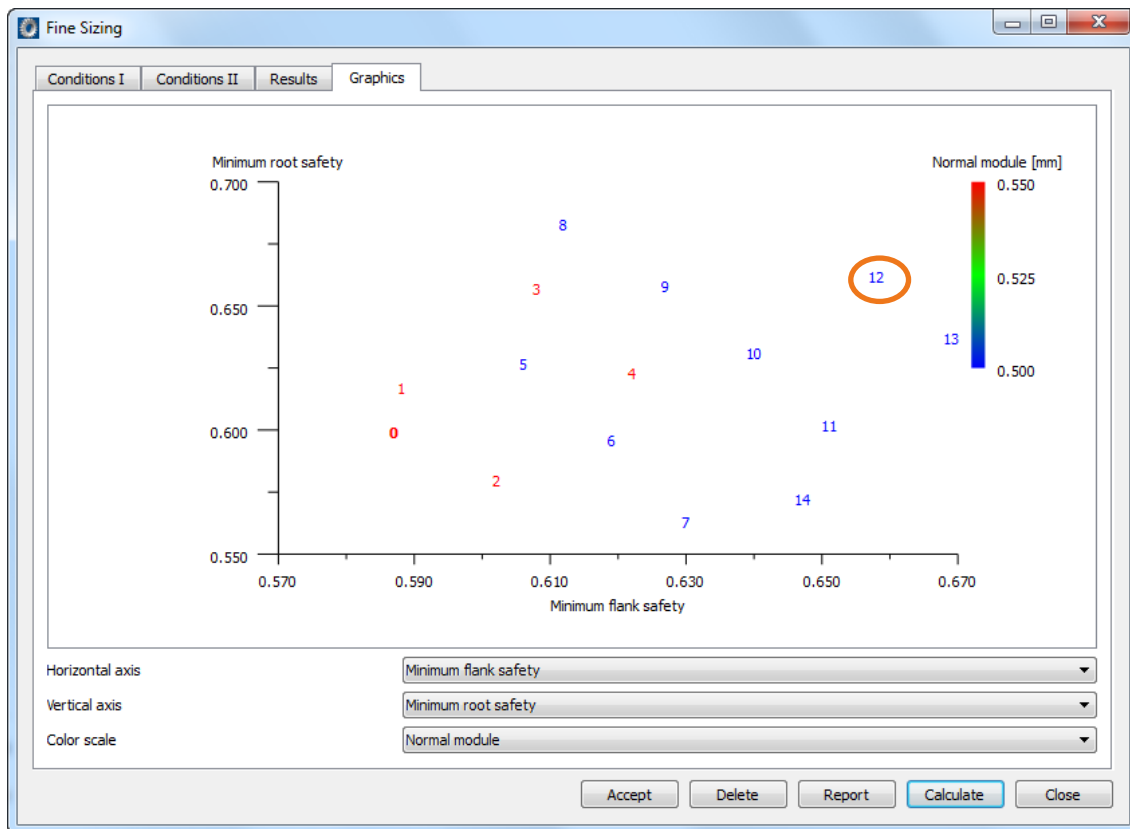


图 20. 图表法显示结果

在细选型窗口的“Results”选项栏里选择方案 12，可以双击和点击[Accept]，如图 21 所示。

Nr.	a [mm]	m _n [mm]	α [°]	β [°]	z ₁	z ₂	z ₃	x* ₁	x* ₂	x* ₃	ε _{α1,2}
0	8.000	0.550	20.000	0.000	13	14	-44	0.646	0.646	-0.250	1.050
1	8.340	0.550	20.000	0.000	14	15	-46	0.296	0.468	-0.162	1.220
2	8.340	0.550	20.000	0.000	14	15	-46	0.396	0.368	-0.062	1.220
3	8.470	0.550	20.000	0.000	14	15	-46	0.443	0.633	-0.536	1.133
4	8.470	0.550	20.000	0.000	14	15	-46	0.543	0.533	-0.436	1.132
5	8.600	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.209	0.590	0.046	1.249
6	8.600	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.309	0.490	0.146	1.251
7	8.600	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.409	0.390	0.246	1.252
8	8.730	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.271	0.867	-0.396	1.151
9	8.730	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.371	0.767	-0.296	1.155
10	8.730	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.471	0.667	-0.196	1.157
11	8.730	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.571	0.567	-0.096	1.158
12	8.860	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.643	0.854	-0.591	1.063
13	8.860	0.500	20.000	0.000	16	17	-53	0.743	0.754	-0.491	1.063
14	8.990	0.500	20.000	0.000	17	18	-55	0.278	0.248	0.211	1.347

图 21. 选择集体方案

当用户返回到主对话框时，如图 22 所示，“结果概述”窗口给出了一个简单的概述，而用户选择的解决方案的整个数据记录都显示在报告中。点击“F6”来生成报告。到这时为止，行星齿轮组的选型就完成了。

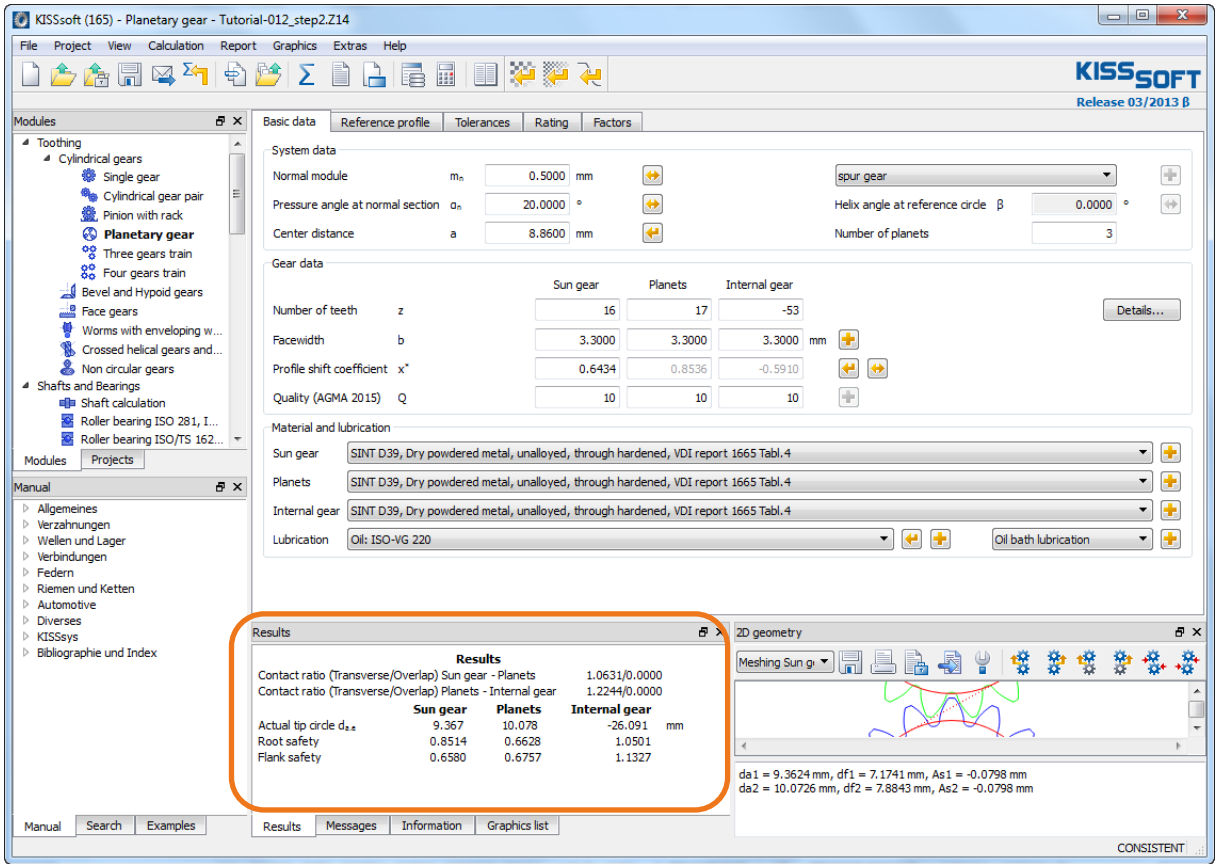


图 22. 结果概况显示

2.7 优化齿形

如果齿轮的设计是令人满意的完成的话，下一步就是优化齿形。因为齿轮不是由滚刀加工而成(本案例采用烧结)，可以在不增加成本的情况下，进行修形。本节描述了最常见的烧结齿轮修形方式。关于这个主题的更多细节,请参阅文档末尾的教程列表。

点击"Calculation" -> "Modifications"，进入修形窗口，输入参数，如图 23 所示。

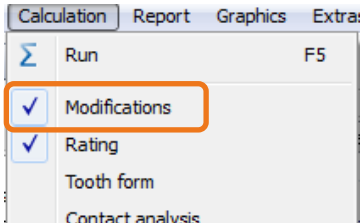


图 23. 打开“Modification”修形窗口

为提高初始齿接触，并考虑因烧结生产过程产生的收缩，用户必须定义齿顶修圆。为此，从“Type of tip modification”的下拉列表选择“Rounding”，输入任意值(这里输入 0.05mm，这已经是相当大的)，从齿轮 1 到 3，如图 24 所示。

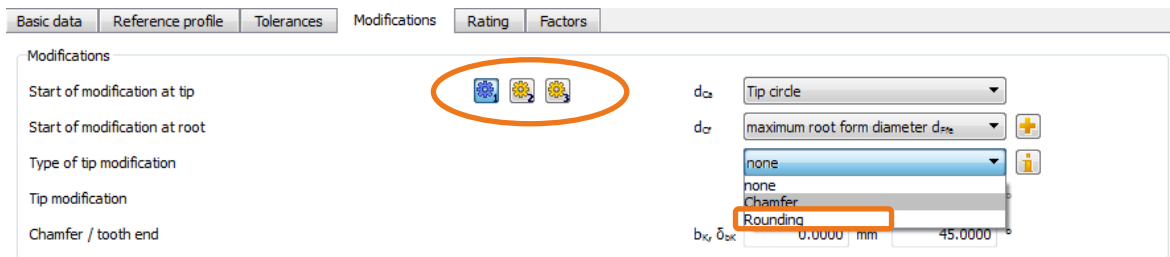



图 24. 齿顶修缘

用户现在可以在 “Modifications” 选项栏里输入齿形修形参数。单击 “” 按钮打开 “Sizing modifications” 窗口，如图 25 所示。

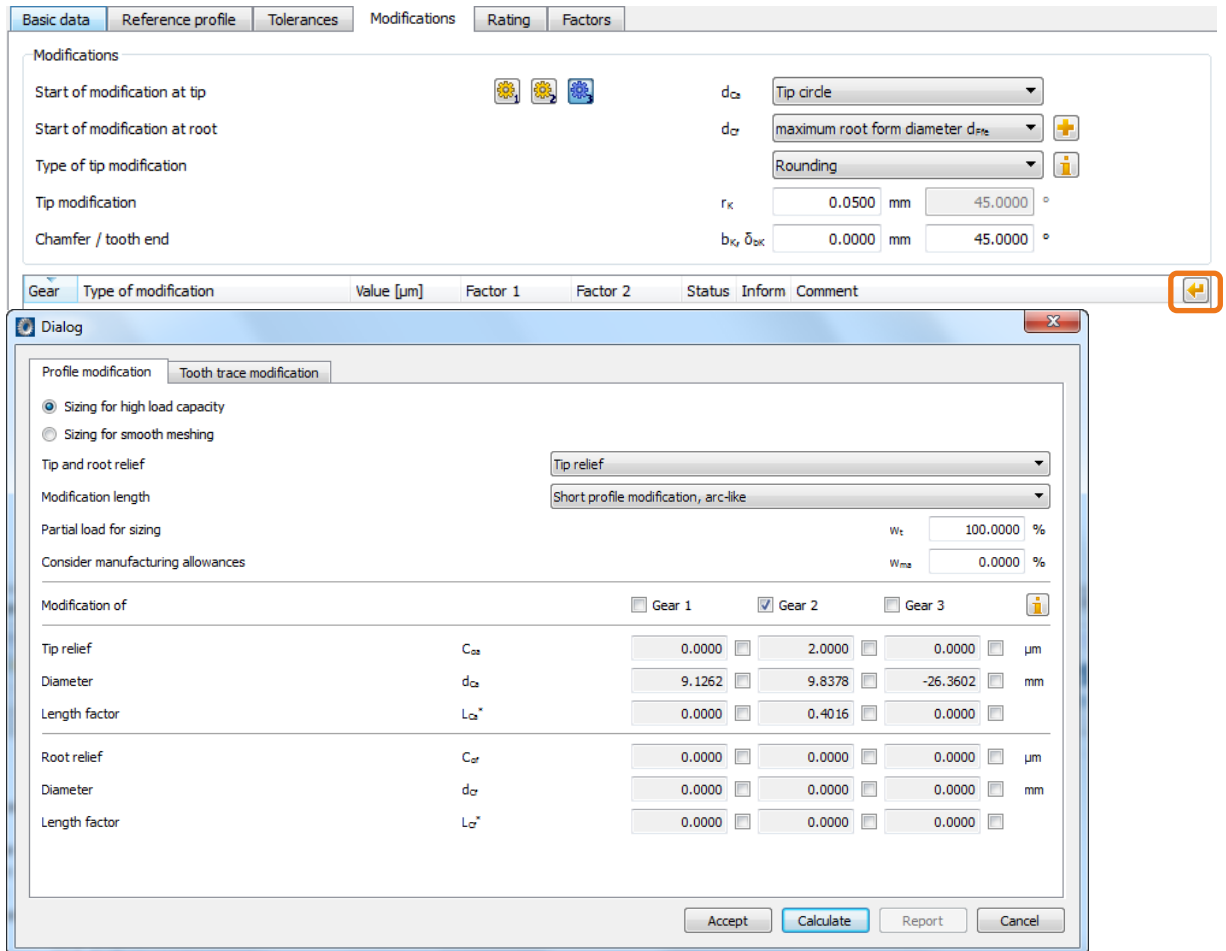



图 25. 定义修形的细节

选择 “Short profile correction, arc-like 圆弧短齿廓修形” 来进行齿顶修形，以尽可能小的减轻接触碰撞的影响。在齿轮 2 上，选择 “Short profile modification, arc-like” 进行修形，点击[Calculate]按钮，然后单击[Accept]，最后关闭此窗口。然后执行适当的齿廓修形。KISSsoft 会自动在单齿接触点处开始齿顶修缘，修形的值基于轮齿弯曲来得到。

最好的设计方案通常是渐在开线末尾处有一个齿根半径很大的椭圆齿轮和一个齿根中间半径较小的齿轮相互啮合。为计算这个，在菜单 “Calculation” 下拉菜单下激活 “Tooth form” 选项栏，然后添加选项 “Insert elliptical root modification 加入椭圆齿根半径的修形”。接下来，点击 “” 按钮显示一个为椭圆齿根半径的建议值。

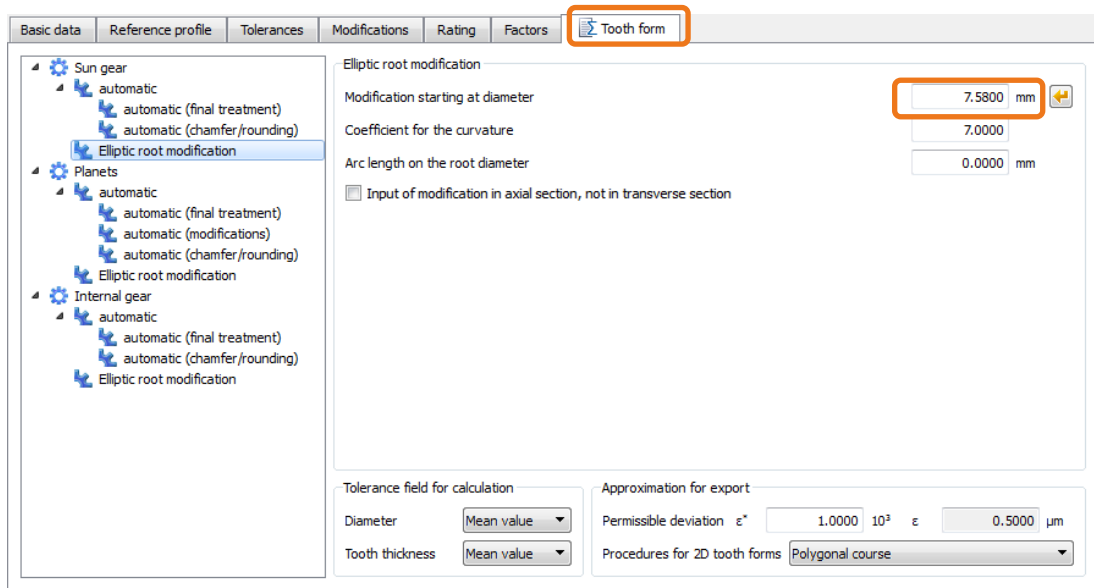


图 26. 椭圆齿根修形设置

所有的齿轮都已经定义后,点击“ Σ ”图标或按“F5”。

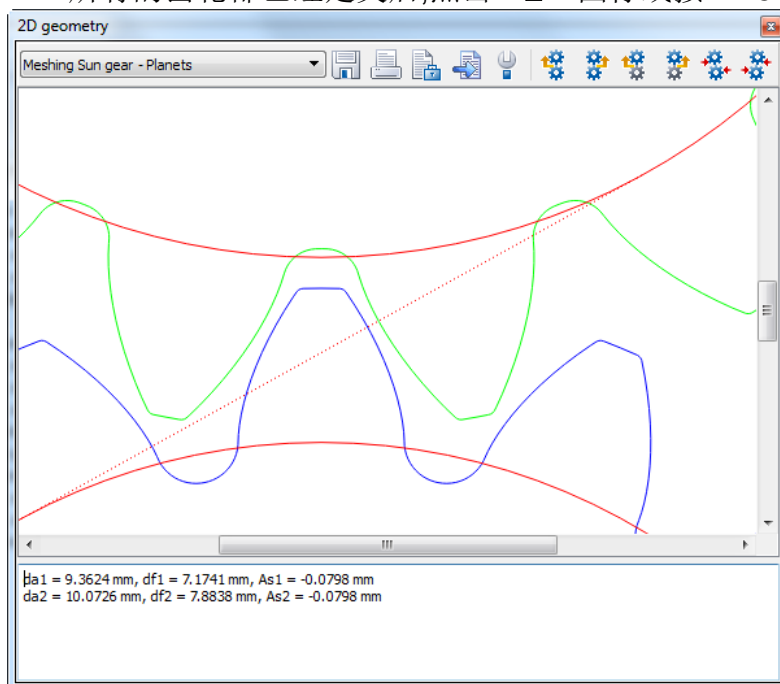


图 27. 2D 齿形的显示

在接下来的对话框中,激活“collision check 碰撞干涉检查”。

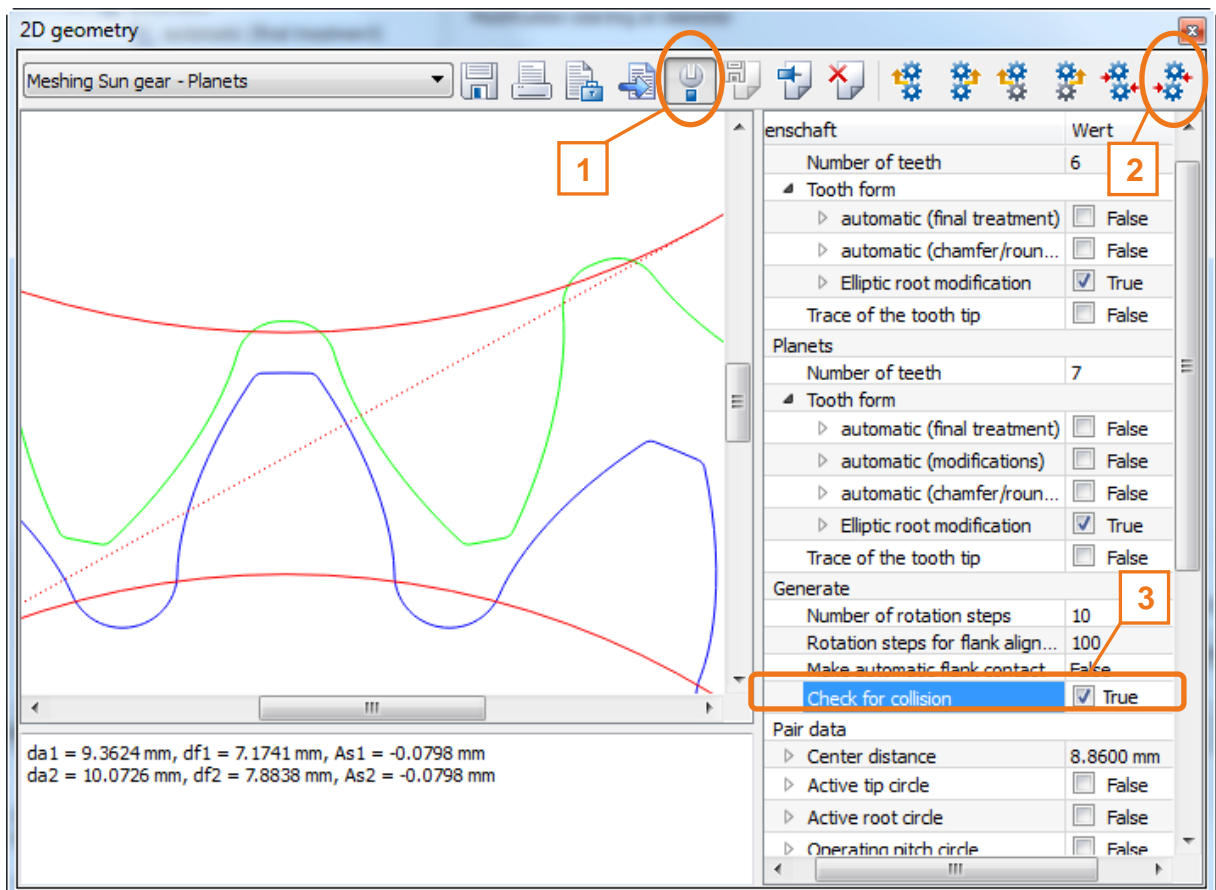


图 28. 激活 “collision check”

点击  按钮并选择 “Make flank contact (right) 右齿面接触”。现在可以看到在轮齿接触处的小黑点。黑色接触点表示 “正确啮合或几乎啮合状态”，红色接触点表示 “碰撞或干涉状态”。

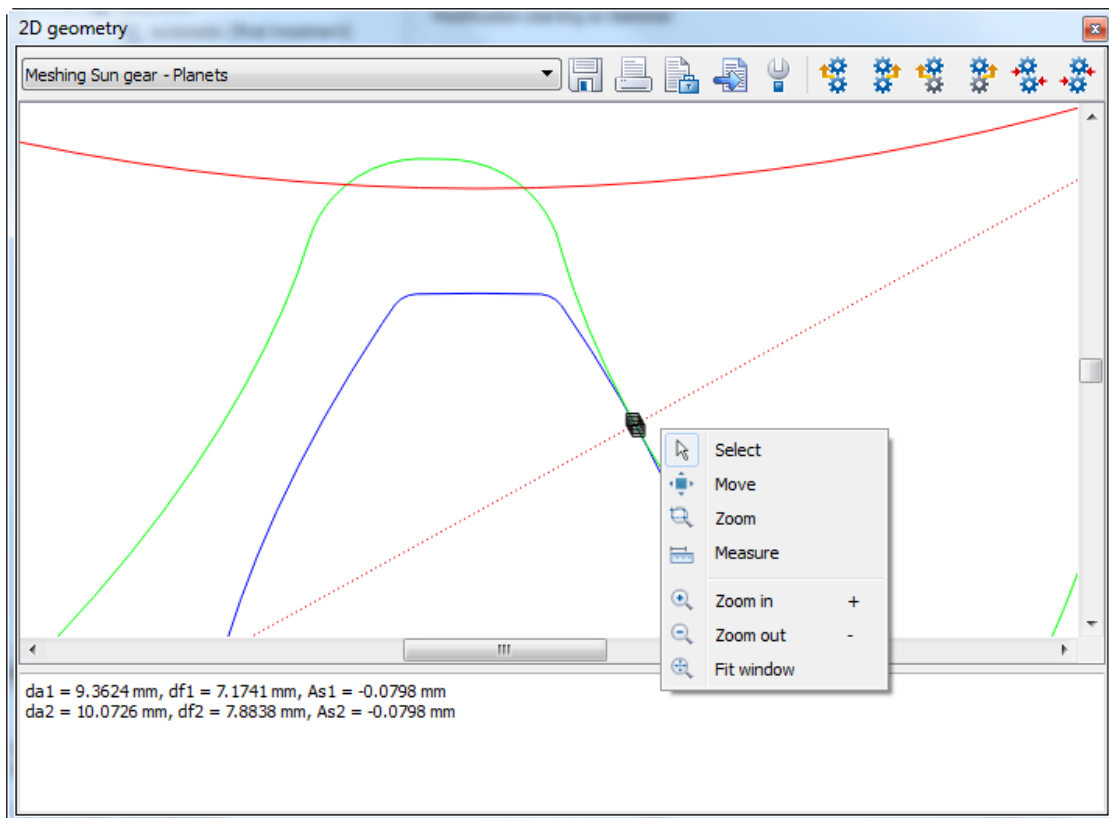



图 29. 齿侧接触点的缩放和检查

使用“+”/“-”按钮来放大或缩小，右击鼠标打开菜单栏，最后，点击  按钮来使几何图形运动。检查是否有任何因修改造成的问题，如图 29 所示。当对这个结果满意时，回到主对话框。单击[Calculate F5]，然后根据齿根安全系数来检查是否通过修形已经使齿根的强度提高。

2.8 拓展教程

下面列出的教程中包括更多关于特定主题的的细节，那些在本文档中提到的

- 案例 009, "圆柱齿轮副的选型；
- 案例 011, "特殊塑料、粉末冶金、电火花或铸造成型齿轮的齿形优化和修形