KISSsoft
Calculation programs for machine design

KISSsoft 03/2017 – Tutorial 15

锥齿轮

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 打开 KISSsoft 3
1.1 打开软件 3
1.2 打开计算模块 3
2 分析锥齿轮和准双曲面齿轮 4
2.1 差速器锥齿轮 4
2.2 在 KISSsoft 里面计算几何参数 4
2.3 校核静强度 5
2.4 根据一个现有的格里森锥齿轮参数表，输入 KISSsoft 进行设计校核 5
2.5 使用“粗略选型”"Rough sizing"设计一对锥齿轮 6
2.6 使用 "Fine Sizing"优化宏观参数 7
2.7 格里森螺旋锥齿轮和准双曲面齿轮 9
2.7.1 格里森, 5-cut method 5 刀法 9
2.7.2 格里森, duplex method 双重收缩齿 11
2.7.3 格里森，端面滚齿法 face hobbing 12
2.8 克林根贝格 cyclo-palloid 13
2.9 克林根贝格 palloid 14
3 螺旋锥齿轮的 3D 模型 17
3.1 创建 3D 模型 17
3.2 接触线检查并输入修形参数 17
4 在加载条件下的接触分析 22
4.1 输入修形量 22
4.2 接触分析计算 22
4.3 评价 23

1 打开 KISSsoft

1.1 打开软件

软件安装好并激活后可以打开使用。 通常启动软件通过单击："Start→Program Files→KISSsoft 03-2017→KISSsoft 03-2017" 来实现。下面是打开后的用户界面:

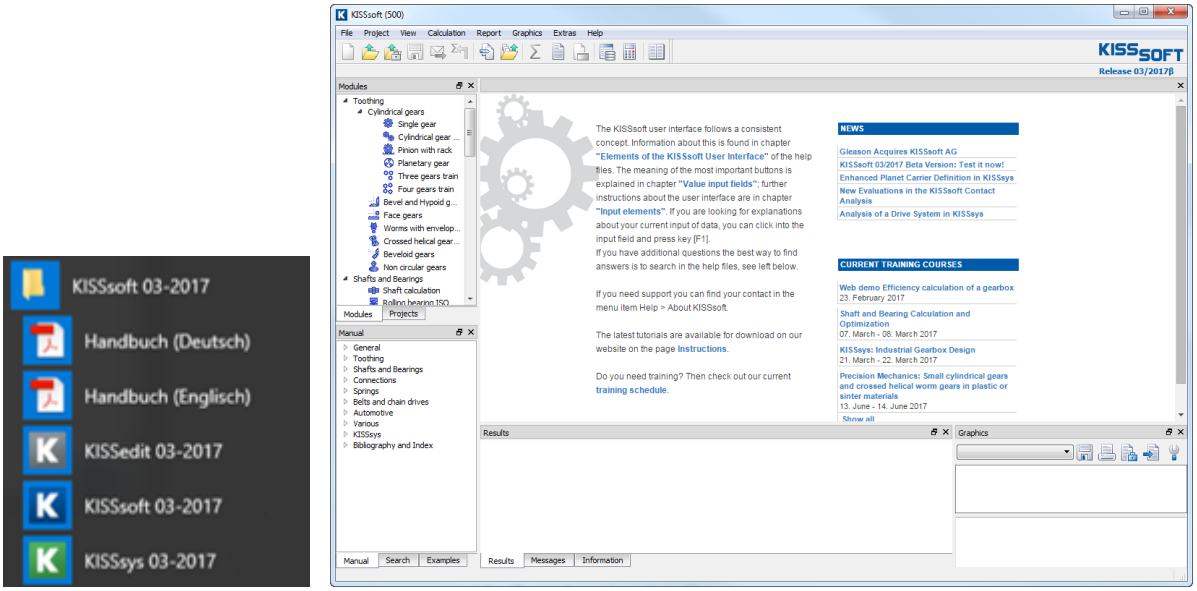


图 1． 打开 KISSsoft 的初始窗口

1.2 打开计算模块

在主界面窗口的左上角的“modules”中，双击相应的计算模块：**"Bevel and Hypoid gears"**

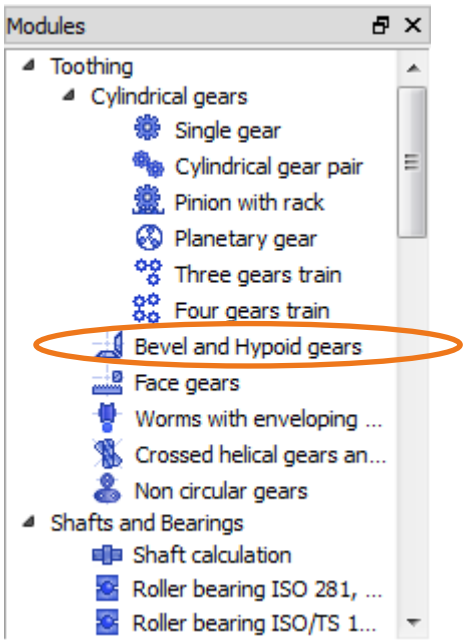


图 2． 从 "Modules" 窗口里面选择 "Bevel and hypoid gears" 计算模块

2 分析锥齿轮和准双曲面齿轮

锥齿轮有很多不同的类型。每种设计必须考虑其不同的特殊特性。本教程讲述了这些不同的设计过程和相关的信息来指导用户如何使用 KISSsoft 分析设计锥齿轮，.

2.1 差速器锥齿轮

差速器锥齿轮通常是直齿轮。由于制造的原因，齿轮的设计一般不同于理论的设计。因此，我们推荐用户使用一个可能与图纸有些许区别的参数来分析一个现有的齿轮。

通常差速器锥齿轮的图纸包含的理论数据很少。比如图纸上没有包含理论的大端齿顶圆直径 d_{ae} 或大端分度圆直径 d_e。取而代之的是精加工后的齿轮外径。因此，大端的分度圆直径必须估计计算。

经常有些时候并不清楚给定的模数是否是大端模数或是中间模数。不过，这个可以很容易用公式 $m_{te}=d_e/z$ 来检查。端面模数和法向模数是相同的，因为是直齿轮。

2.2 在 KISSsoft里面计算几何参数

1. 在标签 **"Basic data"→ "Type"** 里面选择 **"Standard, fig 2 (Tip, Pitch and Root apex NOT in one point)"** 选项。这种类型允许用户输入顶锥角和根锥角 （见 图 3 ）.

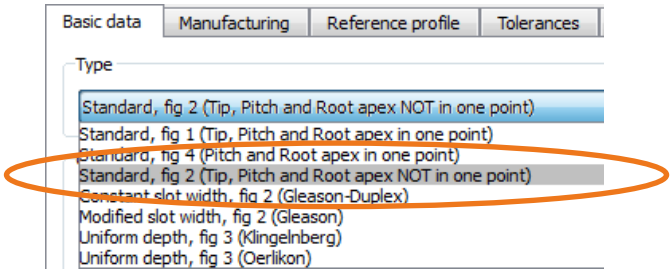


图 3 . Selecting "Standard, fig 2" type

2. 根据图纸输入 "Reference diameter gear 2 (outside)" 或者 "Normal module (in middle)"。如果这些尺寸没有明确在图纸上定义，利用图纸上所绘制的图形来测量估算。
3. 根据图纸输入"Pressure angle" 和 "Number of teeth" 。 "Helix angle gear 2 (middle)"是零.
4. 输入 "Facewidth". 如果齿宽没有给定，必须用图纸上的图形来测量。这个宽度定义在分度圆锥上。.
5. 输入"Profile shift coefficient" 和"Tooth thickness modification factor" = 0.
6. 在输入 "Tip and root angle gear 2", 用户必须先点击  或按下"F5"来运行计算，以便先计算出分锥角。右击 "Convert"  来输入顶锥角和根锥角. 然后点击 "Calculate" 来计算出相应的齿轮齿顶角和齿根角（见 **错误!未找到引用源。**）。

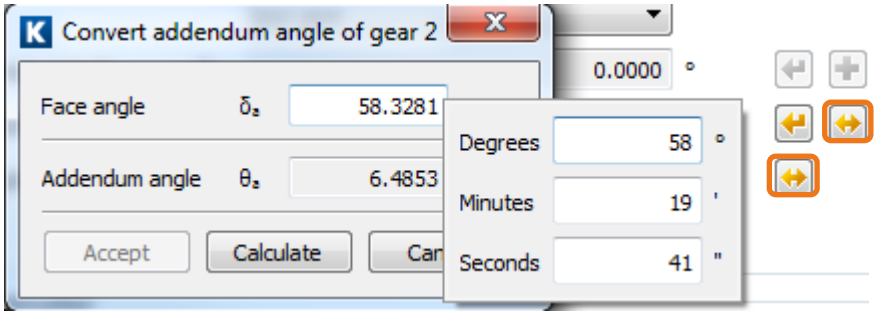


图 4 . 输入及转换齿轮顶锥角和根锥角

7. 无需在**"Manufacturing"**标签里面输入任何数据，因为这个参数会被忽略。
8. 点击  或按下 "F5"来执行计算. 点击  或按下或按下"F6"来创建和打开报告. 用户可以比较报告和图纸上的参数是否一致。比如这些角度（见图 5 ）。

Pitch angle (°)	[delta]	38.1572	51.8428
Face angle (°)	[dela]	46.8781	58.3281
Addendum angle (°)	[thea=dela-delta]	8.7209	6.4853
Root angle (°)	[delf]	31.6719	43.1219
Dedendum angle (°)	[thef=delta-delf]	6.4853	8.7209
Distance along axis to crossing point (mm)	[txo]	32.869	24.466

图 5． 锥齿轮计算报告，章节 1，齿轮几何参数

2.3 校核静强度

差速器锥齿轮通常使用静态载荷来设计，因为它们通常在静态工况下使用。静强度计算只考虑由于弯曲的齿根断裂。

1. 在 **"Rating"→ "Calculation method"**里，选择 **"Differential, static calculation"** 计算方法（见 图 6 ）。.

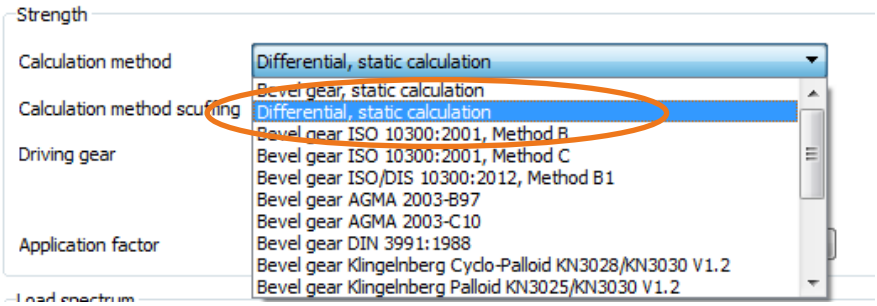


图 6． "Differential, static calculation" 强度计算

2. 输入功率/扭矩/速度等数据 Power / torque / speed data
3. 差速器锥齿轮通常用几个来一起使用。在**"Rating"→ "Details"**里面，找到**"Number of strands"**，输入相应的值。默认值是 2，应为这是最普通的情况。
4. 点击  或按下"F5"执行计算. 点击  或按下"F6"打开或创建报告.

2.4 根据一个现有的格里森锥齿轮参数表，输入KISSsoft 进行设计校核

基于图纸，或格里森参数表，根据以下步骤来分析一个现有的锥齿轮副（螺旋锥齿轮）

锥齿轮图纸和格里森参数表通常包含一个齿轮装置的精确的全面的信息。在 KISSsoft 中，使用 **"Conversion from GLEASON data sheets"**窗口输入相应的数据。这些数据包括 m_{te2} (or d_{e2}), β_{m1}, Σ, a_v, r_{c0}, z_1, z_2, b, d_{ae}, h_e, δ_a

1. 在 **"Basic data"→ "Type"**里面，选择 select the **"Constant slot width"** 或者 **"Modified slot width"** 类型 （见 图 7）。

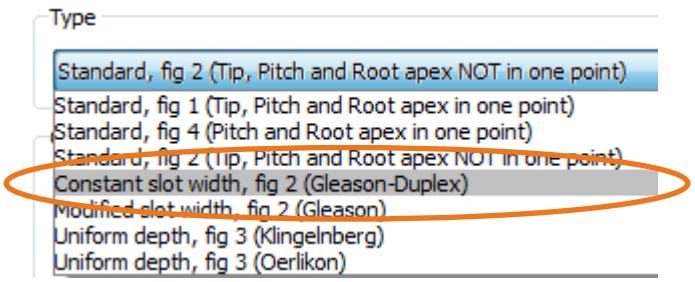


图 7． 选择 "constant slot width" 类型或 "modified slot width" 类型

2. 点击几何参数右侧的 **"Convert"**，输入相应的参数 （见 **错误!未找到引用源。** 和 图 9）。

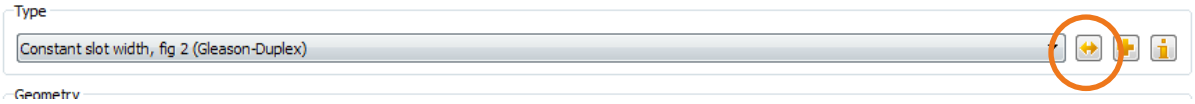


图 8． 格里森参数转换表

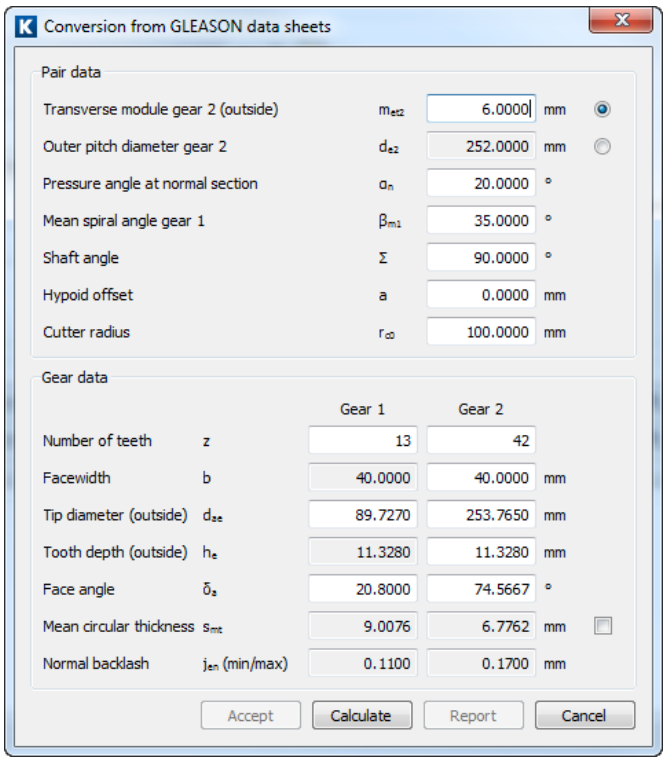


图 9． 从格里森数据表输入数据

通常刀具半径参数在图纸上没有给出，不过这个参数一般在格里森参数表里有所罗列.

3. 点击 "Calculate" 并检查计算的结果，然后点击"Accept"，自动把这些参数传输到主界面中。.
4. 点击  或按下 "F5"执行计算。 点击  或按下 "F6"创建和打开计算报告。.

2.5 使用“粗略选型”"Rough sizing"设计一对锥齿轮

用户可以使用**"Rough sizing"** 来设计一对新的锥齿轮。不论用户选择的计算方法是什么（ISO，DIN，AGMA，Klingelnberg），粗略选型使用的公式是基于克林根贝格的公式（根据克林根贝格的参考书“Bevel gear”）

重要提示：

这个计算过程设计的锥齿轮是没有偏置的并且压力角是 20°。主界面的其它输入条件暂时可以忽略。尽管如此，粗略选型仍然可以给设计者设计其它种类的齿轮提供一个很好的初始的齿轮方案。

1. 在 **"Basic data"→ "Type"**里，选择所需要的类型（标准的、克林根贝格、格里森等）。
2. 在**"Rating"**标签里，输入功率数据和说需要的计算标准（见 **错误!未找到引用源。**）。

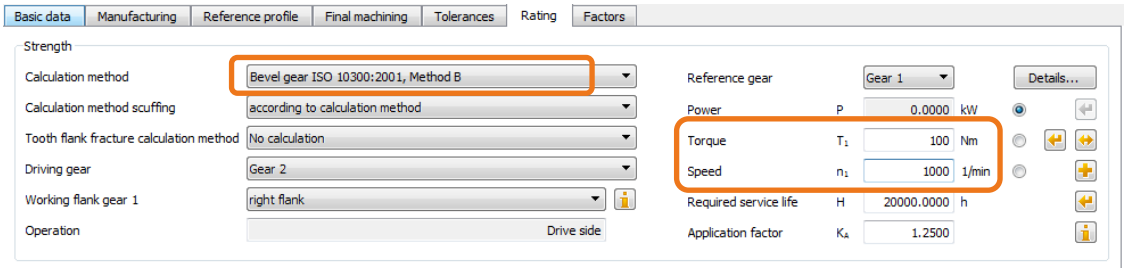


图 10． 输入性能等参数

3. 然后点击**"Calculation"→ "Rough sizing" 或点击** .选择粗选型工具
4. 输入说需要的数据（见 **错误!未找到引用源。**）。

- 齿宽与模数的比值：8…12

值越接近 8，模数就越大，抗弯能力就越强；值越接近 12，模数就越小，重合度就越高

- 分度圆大端锥距月尺宽的比值：Re/b=3.5

为避免使用标准加工设备出现加工问题，这个比值一般要小于 3

- 螺旋角：

通常对于锥齿轮（锥齿轮 2），螺旋角为 20° 到 30°

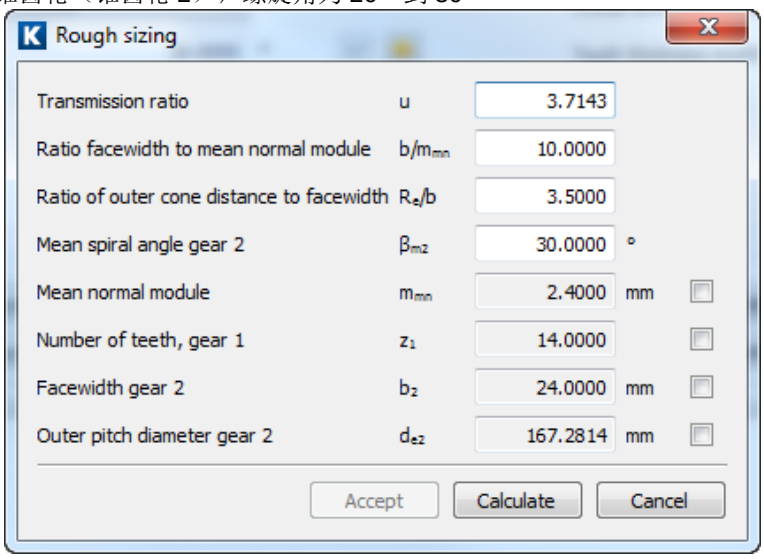


图 11． 粗选型

5. 点击 "Calculate" 执行计算。
6. 如果计算的值不符合用户的要求，（比如分度圆直径太大），用户可以更改输入选项来重新定义并重新点击“Calcualtion”进行计算。.
7. 点击 "Accept" 把所得的数据传输到 KISSsoft 输入主界面中。t

2.6 使用 "Fine Sizing"优化宏观参数

KISSsoft 的优化选型功能可以使用户通过变化各个宏观参数的数值来优化现有的一对齿轮副，并得到这些变化参数的各个组合值。这个优化选型功能可以分析锥齿轮和准双曲面齿轮。

1. **用户可以输入已有的一对齿轮的参数或者使用软件粗略选型所得到的数值**。对于这个指导文件，直接导入自带的例子文件**"BevelGear 2 (Hypoid gear)"**。
2. 然后选择**"Calculation" → "Fine Sizing"** 或者点击 。
3. **软件应该基于同样的齿轮的大小来执行优化功能**。**输入值**（见 **错误!未找到引用源。**）。**点击**"Calculate"。**如果出现** "Termination: maximal no of solutions exceeded." 信息**提示**， 在 "Maximal no of solutions" **区域里**输入 1000。

注意：

如果所有的参数都需要改变，我们推荐用户对于每一个参数只计算 2 到 4 个值，以免出现太多的组合结果。

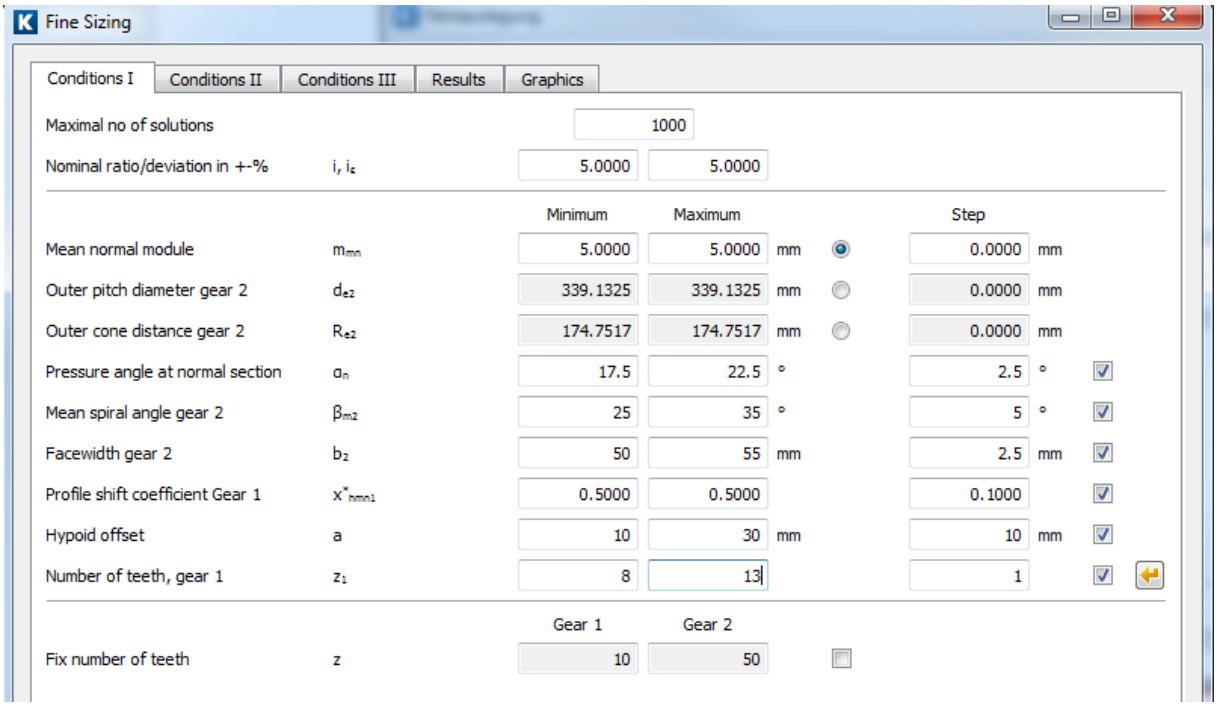


图 12 . 输入准双曲面的优化选型参数

最后的结果罗列在**"Results"**标签里。点击鼠标右键，可以显示或者隐藏一些参数。也可以根据用户自己的需求更改每一列左右的位置。点击每一列的顶部的参数，可以按照这一列的由大到小或由小到大排列。.

在 **"Graphics"** 标签里，用户可以用图形化的方式来比较结果。我们推荐用户设置 X 和 Y 轴为所需要的结果参数，比如"Minimum root safety", "Efficiency" 或者 "Axial force Gear 1" ，颜色显示标尺我们推荐选择 "Conditions I"标签里输入的参数 比如 "Helix angle Gear 2 Middle" 或者 "Offset" （见**错误!未找到引用源。**）。

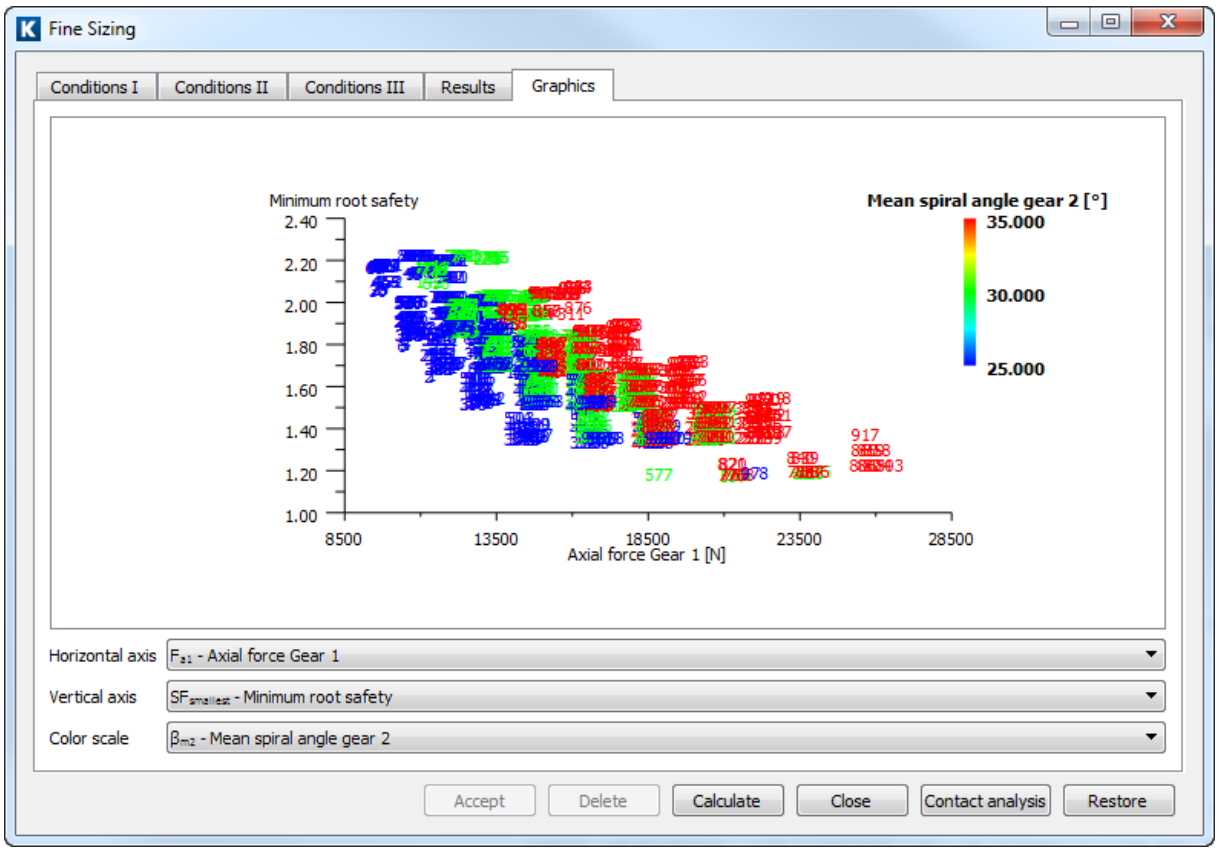


图 13 . 用图形化的方式显示优化选型的结果

用户可以输入更小的步骤和范围来重新优化所得到的方案，知道所得的宏观参数的结果满足其要求。

2.7 格里森螺旋锥齿轮和准双曲面齿轮

格里森锥齿轮加工通常是单分度法（端面铣齿法）。由于他们的齿线方向是圆弧形的，齿轮可以在热处理后磨削加工。在汽车工业里，锥齿轮也可以研齿。不过格里森也可以使用连续分度法（端面滚齿法）来进行加工。

在下面的例子里面，所需的主要的参数已经通过粗略选型给出（见 2.5 章节）。基于这个原因，只有一些特殊的选项进行描述。不过，如果没有执行粗略选型，则这些数值需要用户自己手动输入。

2.7.1 格里森, 5-cut method 5 刀法

1. 在 **"Basic data"→ "Type"**里选择 **"Modified slot width"** 类型 （见 图 14 ）。小齿轮的齿槽宽根据不同的机床设置有所不同。

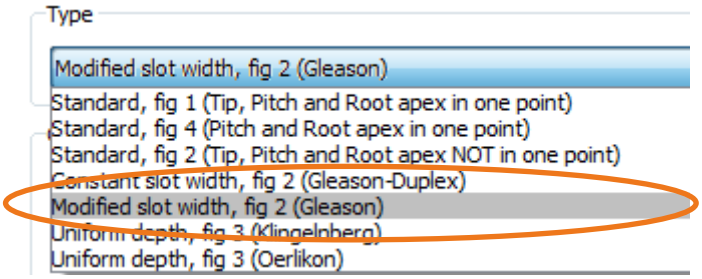


图 14 . 对于 5 刀法加工锥齿轮选择 "Modified slot width"

2. 输入 "pressure angle"。

3. 点击压力角右侧的 **"Plus"** 按钮  。 在 **"Additional data hypoid gears"** 里面，可以输入 名义压力角和极限压力角的影响系数（通常值为 1 的时候用于："Modified slot width"）。如果输入已经预先定义的偏置距离（准双曲面齿轮），则在计算的时候还会考虑“generated and effective contact angle”影响系数。
4. 输入小轮的螺旋方向。
5. 用户可以手动输入**"Profile shift coefficient"** 或者点击推荐按钮  来自动计算。如果 KISSsoft 软件推算出有根切，则变位系数为自动设置以避免根切。其他的判定准则（如优化的滑动率等）也会在报告里体现，并可以手动输入。
6. 对于准双曲面齿轮，输入预先定义的“offset”值。
7. 在 **"Manufacturing"** 标签中，选择 **"Face milling (single indexing method)"** 作为制造工艺，并输入刀盘半径。我们推荐用户使用在“Cutter radius”右侧的推荐按钮来得到一个推荐的最小的刀盘半径（根据克林根贝格的“Bevel gears”一书，第 70 页），然后输入实际生产中使用的刀盘半径。点击鼠标右键，选择单位制为“inch”，格里森刀具通常使用这个单位制（见 图 15 ）。

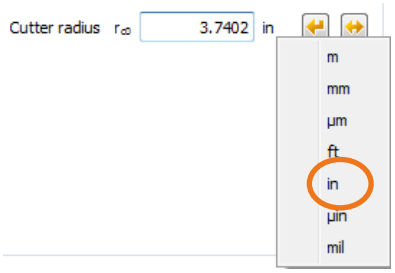


图 15 . 转换单位到"inch"

如果使用的刀盘半径小于推荐值，会有一个警告信息弹出。这是因为或许在实际的应用中有可能会出现不正确的啮合（见 图 16 ）。

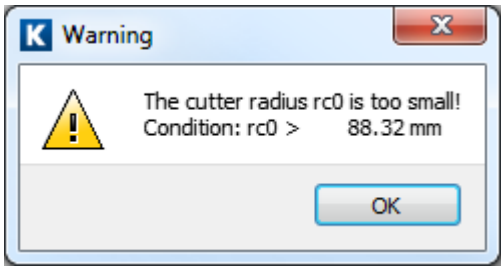


图 16 . 警告：假如刀盘半径小于推荐的值

圆锥长度（对于准双曲面齿轮）和大端、小端的螺旋角都会受到刀盘半径的影响。KISSsoft 能够检查这些值是否合适。

8. 在 **"Basic data"** 里面可以定义齿顶角和齿根角。如果是设计一对新的齿轮，我们建议用户使用推荐功能。 由于这些角度会受到刀具的半径，齿制，变位系数等的影响。所以如果改变以上参数，必须在稍后的某个时间重新使用推荐功能来计算这些角度。We recommend you use the sizing function if you are sizing a new gear. As the angles are affected by the cutter head radius, the reference profile, and the profile shift, you must run the sizing function again if you want to change one of these values at a later point in time （见 **错误!未找到引用源。**）。



图 17 . 齿顶角和齿根角的推荐功能

9. 在 **"Reference profile"** 标签里，选择一个合适的齿制或者点击**"Own Input"**。对于"Modified slot width"，推荐的顶隙系数是 0.3（根据克林根贝格"Bevel gears"一书，第 72 页）。所以应该手动输入 1.3/0.3/1。
10. 在 **"Rating"** 标签里，选择所需要的计算方法：(ISO, DIN, AGMA, VDI, 等)，并输入扭矩，转速或载荷谱。
11. 在 **"Manufacturing"**标签下，在 **manufacturing process** 里，选择 "generate" 或者 "formate"，此选项会影响齿根的厚度。根据经验，一般在传动比 i>2.5 时，会选择“formate”工艺，因为此工艺加工比较快。小齿轮永远使用展成法。 （见 图 18 ）。

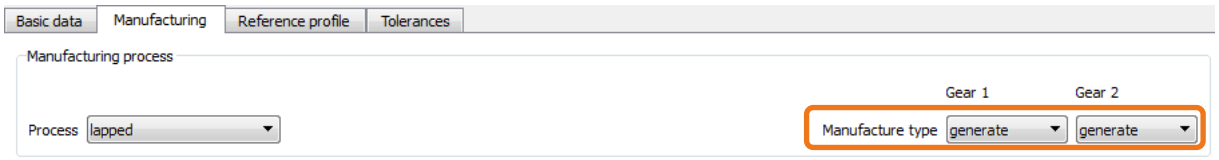


图 18 . "For generated gears" 和 "Made by form cutting" 加工类型的选择 （展成法和成形法的选择）

12. 在 **"Tolerances"** 标签里，根据 ISO 23509 选择齿厚偏差，以保证齿侧间隙。齿厚的偏差可以根据模数自动选择推荐值。**"No backlash"** 经常使用，因为间隙值并不知道，在装配后更改装配条件后才知道。
13. 点击  或按 "F5"来执行计算。点击  或按 "F6"创建并打开计算报告。

2.7.2 格里森, duplex method 双重收缩齿

1. 在 **"Basic data"→ "Type"**选择 **"Constant slot width"** 类型 （见 图 19 ）。 小轮的齿槽宽是常量，应为两侧齿面是在同一个工序里面一次加工完成。

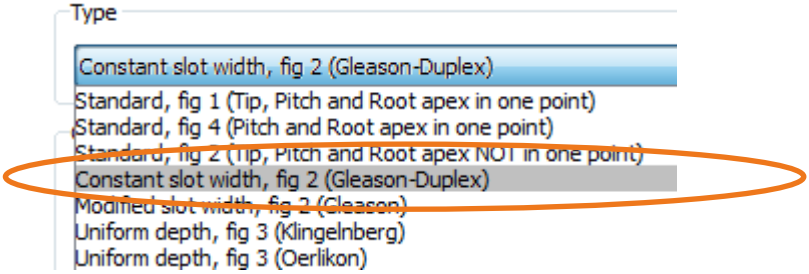


图 19 . 对于双重收缩齿，选择 "Constant slot width" 类型

2. 输入 "pressure angle"。
3. 点击压力角右侧的 **"Plus"** 按钮  。 在 **"Additional data hypoid gears"** 里面，可以输入名义压力角和极限压力角的影响系数（通常值为 0.5 的时候用于："Constant slot width"）。如果输入已经预先定义的偏置距离（准双曲面齿轮），则在计算的时候还会考虑“generated and effective contact angle”影响系数。
4. 输入小轮的螺旋方向。
5. 如果是准双曲面齿轮，输入预先定义的偏置距。
6. 用户可以手动输入**"Profile shift coefficient"** 或者点击推荐按钮  来自动计算。如果 KISSsoft 软件推算出有根切，则变位系数为自动设置以避免根切。其他的判定准则（如优化的滑动率等）也会在报告里体现，并可以手动输入。
7. 在 **"Manufacturing"** 标签中，选择 **"Face milling (single indexing method)"** 作为制造工艺，并输入刀盘半径。我们推荐用户使用在“Cutter radius”右侧的推荐按钮来得到一个推荐的最小的刀盘半径（根据克林根贝格的“Bevel gears”一书，第 70 页），然后输入实际生产中使用的刀盘半径。点击鼠标右键，选择单位制为“inch”，格里森刀具通常使用这个单位制（see **错误!未找到引用源。**）。

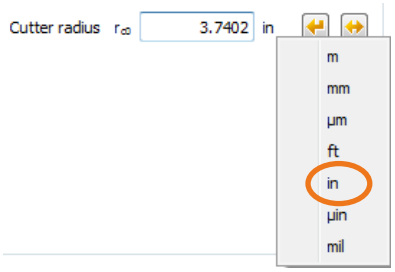


图 20． 转换单位到"inch"

如果使用的刀盘半径小于推荐值，会有一个警告信息弹出。这是因为或许在实际的应用中有可能会出现不正确的啮合（见 图 16 ）。

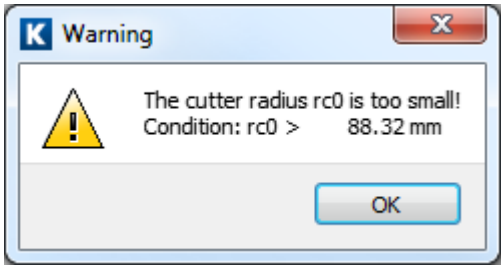


图 21． 警告：假如刀盘半径小于推荐的值

圆锥长度（对于准双曲面齿轮）和大端、小端的螺旋角都会受到刀盘半径的影响。KISSsoft 能够检查这些值是否合适。

8. 在 **"Reference profile"** 标签里，选择一个合适的齿制或者点击**"Own Input"**。对于"Constant slot width"推荐的顶隙系数是 0.35 （根据克林根贝格"Bevel gears"一书，第 72 页）。所以应该手动输入 1.35/0.3/1 。
9. 在 **"Rating"** 标签里，选择所需要的计算方法：（ISO, DIN, AGMA, VDI, 等），并输入扭矩，转速或载荷谱。
10. 在 **"Manufacturing"**标签下，在 **manufacturing process** 里，选择 "generate" 或者 "formate" ，此选项会影响齿根的厚度。根据经验，一般在传动比 i>2.5 时，会选择“formate”工艺，因为此工艺加工比较快。小齿轮永远使用展成法。（见 图 22 ）。

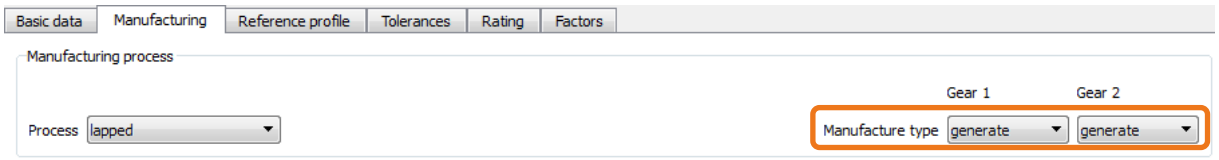


图 22． "For generated gears" 和 "Made by form cutting" 加工类型的选择 （展成法和成形法的选择）

11. 在 **"Tolerances"** 标签里，根据 ISO 23509 选择齿厚偏差，以保证齿侧间隙。齿厚的偏差可以根据模数自动选择推荐值。**"No backlash"** 经常使用，因为间隙值并不知道，在装配后更改装配条件后才知道。
12. 点击  或按 "F5"来执行计算。点击  或按 "F6"创建并打开计算报告。

2.7.3 格里森，端面滚齿法 face hobbing

如果想使用格里森的端面滚齿法，比如（Triac，Pentac FH），我们推荐用户使用克林根贝格法。（见 图 23 ）。

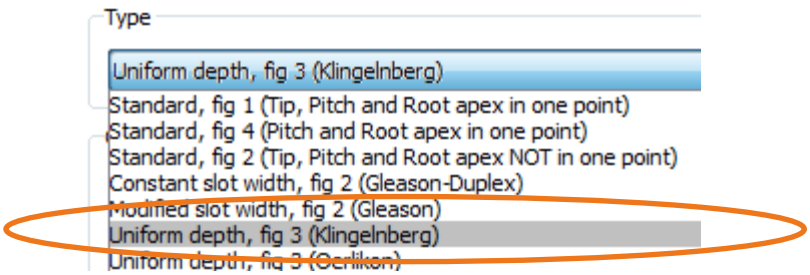


图 23． 选择 "Uniform depth, fig 3 (Klingelnberg)" 类型

2.8 克林根贝格 cyclo-palloid

Cyclo-palloid 工艺是连续分度法的工艺（端面滚齿法）。锥齿轮是等高齿。 Cyclo-palloid 锥齿轮常常用于小系列的工业齿轮箱或大的锥齿轮装置。

在下面的例子里面，所需的主要的参数已经通过粗略选型给出（见 2.5 章节）。基于这个原因，只有一些特殊的选项进行描述。不过，如果没有执行粗略选型，则这些数值需要用户自己手动输入。

1. 在 **"Basic data"→ "Type"**里，选择 **"Uniform depth, Fig 3 (Klingelnberg)"** 类型。（见 图 24）。

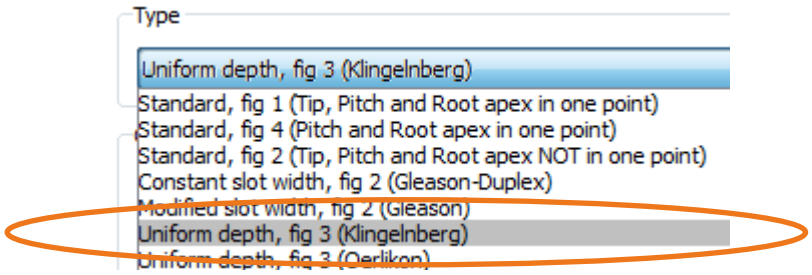


图 24． 对于 cyclo-palloid 工艺，选择"Uniform depth" 类型

2. 输入 "pressure angle"。
3. 点击压力角右侧的 **"Plus"** 按钮 。 在 **"Additional data hypoid gears"** 里面，可以输入名义压力角和极限压力角的影响系数（对于 cyclo-palloid 工艺，通常这个值为 0）。如果输入已经预先定义的偏置距离（准双曲面齿轮），则在计算的时候还会考虑“generated and effective contact angle”影响系数。
4. 输入小轮的螺旋方向。
5. 如果是准双曲面齿轮，输入预先定义的偏置距。
6. 用户可以手动输入**"Profile shift coefficient"** 或者点击推荐按钮  来自动计算。如果 KISSsoft 软件推算出有根切，则变位系数为自动设置以避免根切。其他的判定准则（如优化的滑动率等）也会在报告里体现，并可以手动输入。
7. 如果有必要，输入 "Angle modification gear 1"。
8. 在 **"Manufacturing"** 标签中，选择 **"Face hobbing (continuing indexing method)"** 作为制造工艺，并输入刀盘半径和 "Number of tools blade groups"（刀组的代号）。我们推荐用户使用在“Cutter radius”右侧的推荐按钮来得到一个推荐的最小的刀盘半径（根据克林根贝格的“Bevel gears”一书，第 70 页），然后输入实际生产中使用的刀盘半径。如果复选框激活，还可以从**"List of Klingelnberg machines"**来选择刀具半径（见图 25 ）。

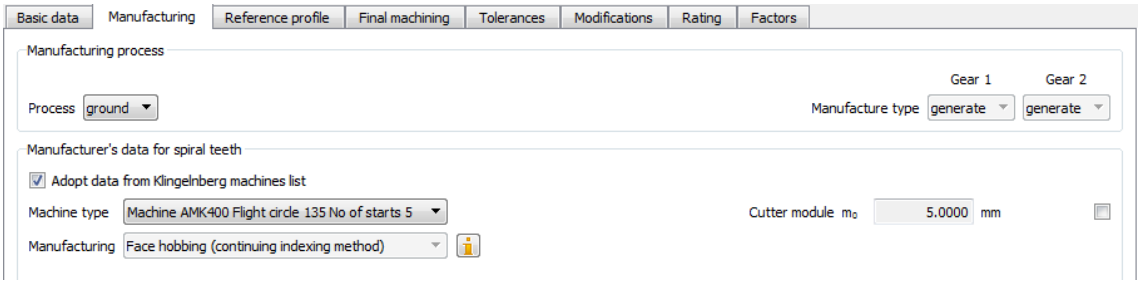


图 25． 从克林根贝格机床列表中选择刀盘半径

如果使用的刀盘半径小于推荐值，会有一个警告信息弹出。这是因为或许在实际的应用中有可能会出现不正确的啮合（见 **错误!未找到引用源。**）。

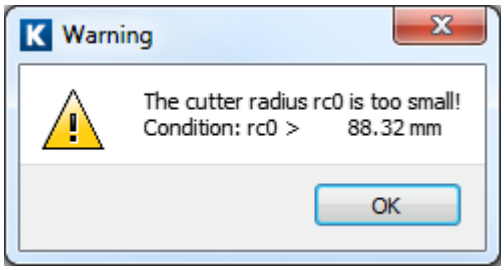


图 26． 警告：假如刀盘半径小于推荐的值

圆锥长度（对于准双曲面齿轮）和大端、小端的螺旋角都会受到刀盘半径的影响。KISSsoft 能够检查这些值是否合适。

9. 在 **"Reference profile"** 标签里，选择一个合适的齿制或者点击**"Own Input"**。对于"Cyclo-palloid procedure"推荐的顶隙系数是 0.25（根据克林根贝格"Bevel gears"一书，第 72 页），所以可以直接选择下拉列表中的 **"1.25/0.3/1 CYCLOPALLOID"**。
10. 在 **"Rating"** 标签里，选择所需要的计算方法： （Klingelnberg 3028 or 3029, ISO, DIN, AGMA, VDI, etc.），并输入扭矩，转速或载荷谱。
11. 在 **"Manufacturing"**标签下，在 **manufacturing process** 里，会自动选择 "Generating process"，因为 cyclo-palloid 齿轮总是展成法（见 图 27 ）。

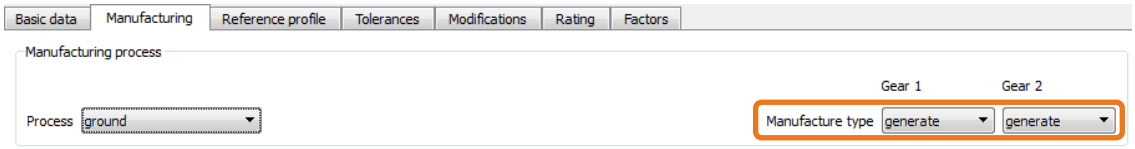


图 27． Cyclo-palloid 齿轮的制造工艺选择

12. 在 **"Tolerances"** 标签里，选择**"No backlash"**，因为间隙值并不知道，在装配后更改装配条件后才知道。
13. 点击  或按 "F5"来执行计算。点击  或按 "F6"创建并打开计算报告。

2.9 克林根贝格 palloid

Palloid 工艺采用连续分度法。锥齿轮是等高齿。Palloid 锥齿轮常常用于小的锥齿轮装置中（模数最大 6mm）。

在下面的例子里面，所需的主要的参数已经通过粗略选型给出（见 2.5 章节）。基于这个原因，只有一些特殊的选项进行描述。不过，如果没有执行粗略选型，则这些数值需要用户自己手动输入。

1. 在 **"Basic data"→ "Type"**里，选择 **"Uniform depth, fig 3 (Klingelnberg)"** 类型（见图 28 ）。

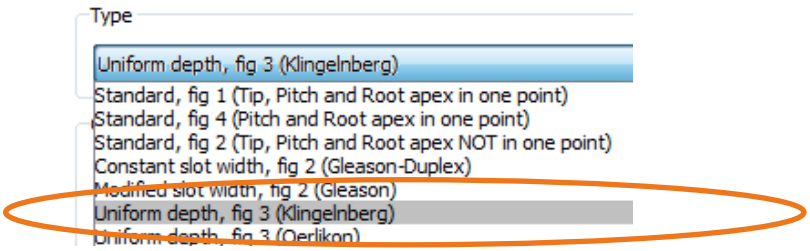


图 28 . 对于 palloid 制造工艺，选择"Uniform depth"

2. 在**"Rating"** 里，选择 "Klingelnberg palloid 3025" 或者 "Klingelnberg palloid 3026" 计算方法（见 图 29 ）。

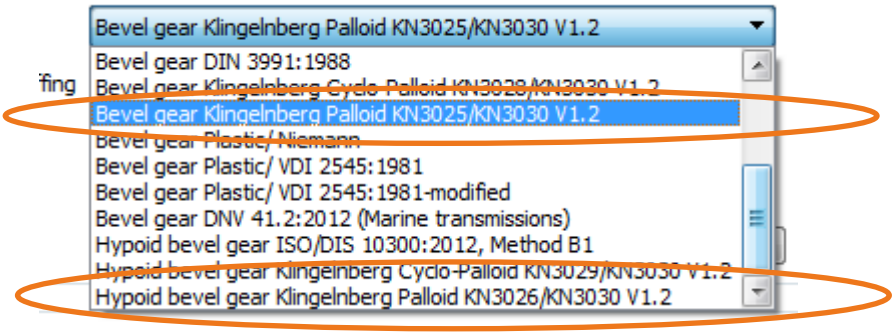


图 29 . 选择 "Palloid" 的强度计算方法

在 **"Manufacturing"**标签下，在 **manufacturing process** 里，会自动选择 "Generating process" 因为 Palloid 齿轮总是展成法。

3. 输入 "pressure angle"。
4. 点击压力角右侧的 **"Plus"** 按钮  。 在 **"Additional data hypoid gears"** 里面，可以输入名义压力角和极限压力角的影响系数（对于 palloid 工艺，这个值通常为 0）。如果输入已经预先定义的偏置距离（准双曲面齿轮），则在计算的时候还会考虑“generated and effective contact angle”影响系数。
5. 输入小轮的螺旋方向。
6. 用户可以手动输入**"Profile shift coefficient"** 或者点击推荐按钮  来自动计算。如果 KISSsoft 软件推算出有根切，则变位系数为自动设置以避免根切。其他的判定准则（如优化的滑动率等）也会在报告里体现，并可以手动输入。
7. 如果有必要，输入 "Angle modification gear 1"。
8. 在对于**"Manufacturing"** 标签里， **"Face hobbing (continuing indexing method)"** （端面滚齿法，连续分度法）已经选择。 输入 "Cutter cutting length" 和 "Cutters small diameter" 等刀具参数。点击信息按钮 ，显示标准的 palloid 齿轮的刀具列表。不过，用户也可以自己输入特殊的铣刀参数。（见 图 30 ）。

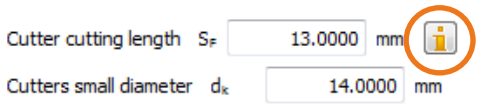


图 30 . 输入 palloid 刀具参数

如果使用的 palloid 刀盘半径太小，以至于不能加工齿轮，会有一个警告信息弹出。（见 图 31 ）。

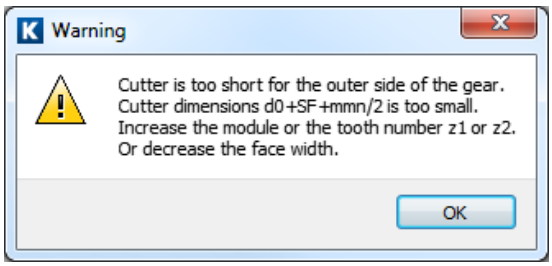


图 31．警告：如果 palloid 铣刀盘太小

9. 在 **"Reference profile"** 标签里，选择一个合适的齿制或者点击**"Own Input"**。对于“Palloid procedure”，推荐的齿顶隙系数为 0.3（根据克林根贝格"Bevel gears"一书，第 72 页），所以可以直接选择下拉列表中的 **"1.3/0.38/1 PALLOID"**。
10. 在 **"Tolerances"** 标签里，选择**"No backlash"**，因为间隙值并不知道，在装配后更改装配条件后才知道。
11. 点击  或按 "F5"来执行计算。点击  或按 "F6"创建并打开计算报告。

3 螺旋锥齿轮的3D 模型

直的、斜的 和螺旋的锥齿轮能够给定指定的齿面修形并输出为 STEP 格式。以下为指导用户如何创建，检验和输出锥齿轮的详细过程。

点击 "Examples" 标签，导入例子"BevelGear 1 (Klingelnberg)" 。然后点击"File → Save as..." ，存到指定的目录里。

3.1 创建 3D 模型

1. 在"Module specific settings → Generation of 3D"里面输入以下参数：

   齿宽方向的切片数量： 11
   建模误差： 1 µm
   渲染质量： 5 µm
   选择 "Constant root rounding radius along the facewidth" 和"Constant protuberance along the facewidth" 选项。
2. 然后在 "Graphics → 3D geometry →Tooth system" 下显示 3D 模型（见 图 32 ）。

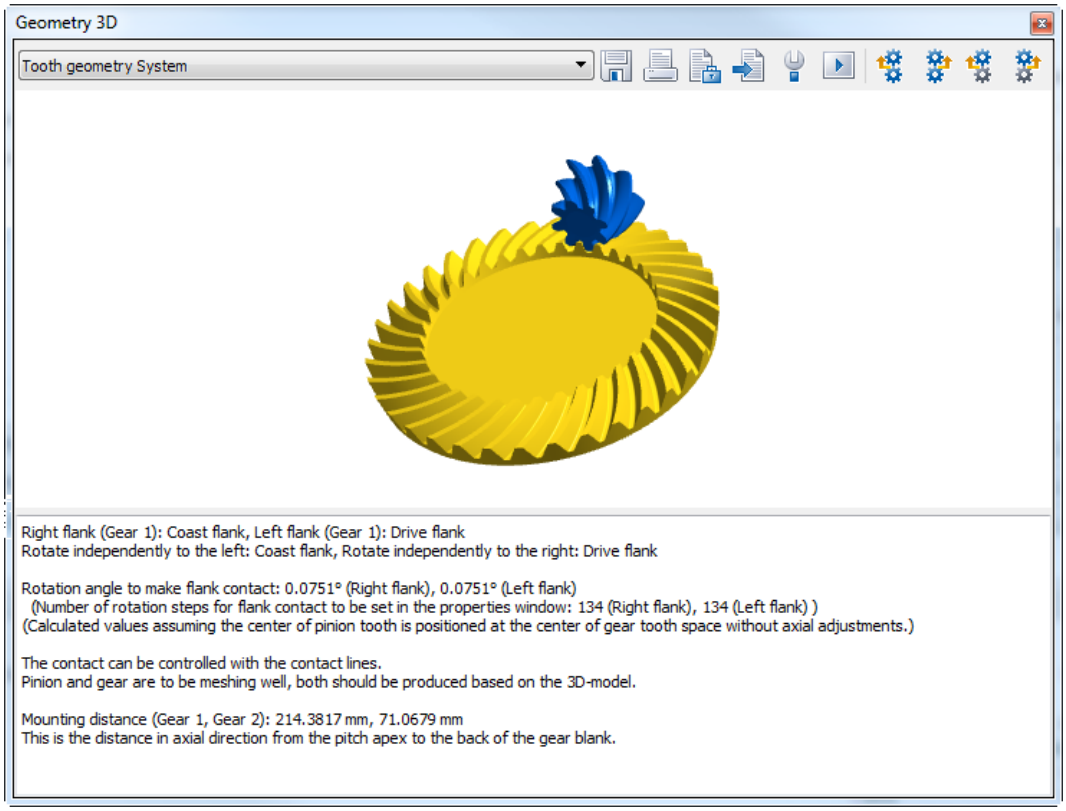


图 32 . 显示锥齿轮 3D r

提示: 在执行计算后（按 F5），可能图形窗口会出现再后面没有显示，可以最小化 KISSsoft 后在最大化就可以了。

3.2 接触线检查并输入修形参数

1. 在 "Module specific settings → 3D generation"里面，改变模型显示的类型后，检查齿轮副接触斑点。改变为 Skin model。重新按下 F5，重新计算，则显示为表皮模式。（见 **错误!未找到引用源。**）。

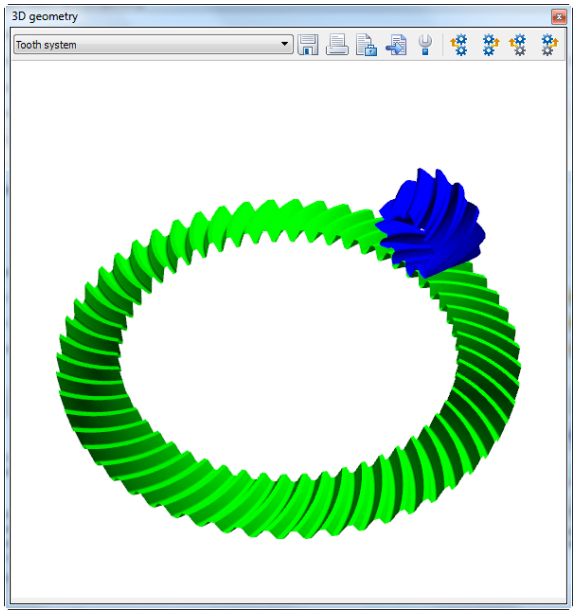
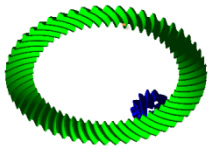
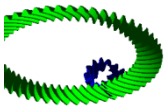
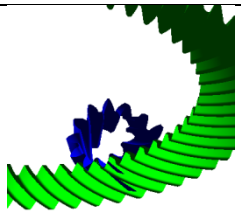


图 33． 表皮模式显示锥齿轮

2. 检查拉伸侧的接触线（锥齿轮的凸面）。从锥齿轮的下方往上看。可以点击鼠标右键，用"View from the bottom" 定位齿轮。

   提示: 旋转齿轮，以便很容易的从下往上看到 5 点钟的位置。使用方向键来移动图形往上或者往右，然后使用放大缩小按键来放大缩小（+键）。

		
5 点钟方向的视图	通过箭头键: ← 和 ↑来移动	放大建： + 或者滚动 I

3. 通过点击  来使小轮朝着大轮方向旋转，则驱动侧的接触线就会显示出来。为了得到更接近实际的效果，接触的量不要太大。比如，在测试台上滚动锥齿轮，只会去掉一点点接触的颜料。（见 **错误!未找到引用源。**）。



图 34． 测试件上典型的接触斑点

注意:

在“3D geometry ”图形下面的信息窗里显示的值是达到理论接触的旋转步数。在这个例子中，理论接触时的这个值为 137.18，因此，值 138（一个旋转步）不会接触上。但是这个值如果为 137,（一个旋转步），则会展示出最小的接触。在这个例子中，120 是合理的。（见 图 35 ）。

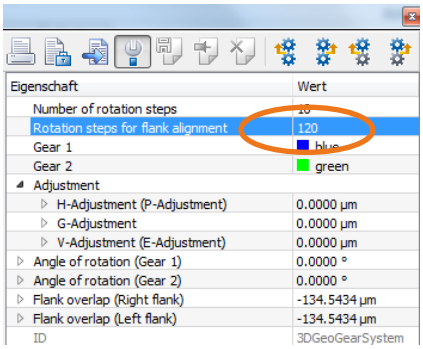


图 35． Setting the properties

使用  旋转齿轮来检查接触斑点。在无载荷旋转中，接触斑点不应该出现在最外或最内的边缘（小端，大端）。如果出现在边缘，则表明齿轮对轴线偏差比较敏感。这样的话，在有载荷条件下，会出现边缘接触或集中的接触压力。（**错误!未找到引用源。**）

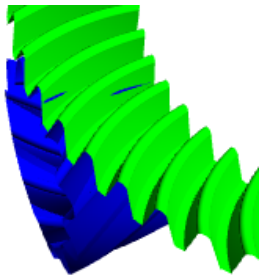


图 36． 接触线：拉伸侧没有修形

在有载荷条件下的边缘接触可通过齿向方向和齿形方向的鼓形量来加以避免。使用压力角和螺旋线修形可以改变接触斑点的位置。

4. 在 "Modifications" 标签里，点击按钮  来增加齿面修形。在技术文献（"Kegelräder", by Jan Klingelnberg, 第 74 页），标准长度的鼓形修形量为 b2/250 到 b2/600（对于正常轴线偏差）或者为 b2/350 到 b2/800（对于较低的轴线偏差）。因此，齿宽为 50 的齿轮，b2=50mm，所以长度修形范围为 0.200mm 到 0.084mm 之间（对于正常的轴线偏差）或者为 0.140mm 到 0.063mm 之间（对于较低的轴线偏差）。

   在这种情况下，输入鼓形量 140 µm 给齿轮 1（小齿轮）。按下 F5 来重新执行计算。（见 图 37）。

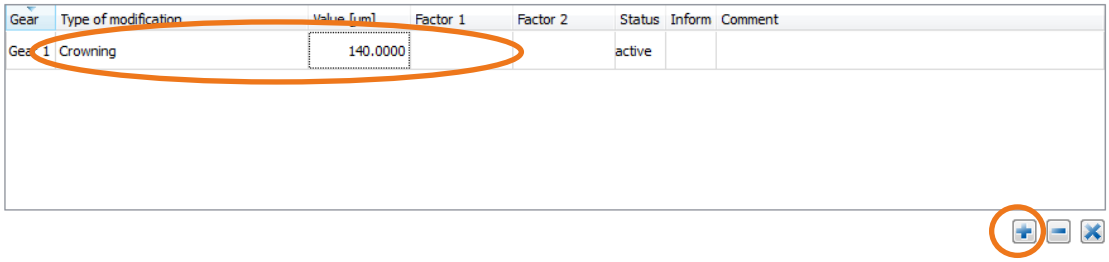


图 37． 通过定义修形来优化接触特性

提示: 假如用户想在不同的齿面选择不同的修形，则选在“Flank”一栏，选择所定义的是左齿面还是右齿面。这样允许用户选择不同的齿面分别定义（见 **错误!未找到引用源。**）。

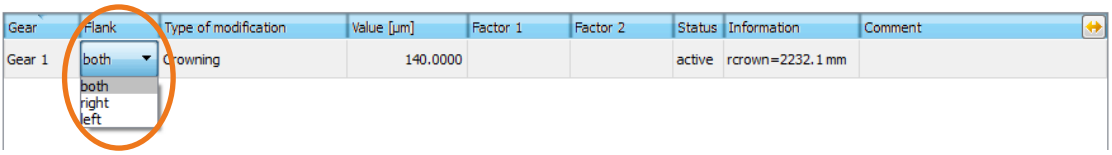


图 38 . 对不同的齿面定义不同的修形

定义齿面的左右侧为从齿轮的锥顶看去。如果是左旋的小齿轮，左齿面为凹面，同样也是驱动侧。.

5. 再次检查接触斑点。持续做第 5 步到第 7 步。旋转齿轮时，不再出现边缘接触。这样意味着鼓形量和接触斑点的位置从理论技术上是正确的（见 图 39 ）。

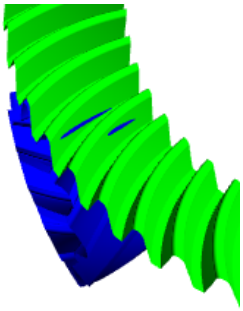


图 39 . 修形后的拉伸侧的接触线

6. 在 KISSsoft 中，可以用 VH-检验来调整接触斑点的位置的，以此来判定啮合的敏感度。 在属性栏里（见 see 图 40 ）输入相应的位置的数值，重新按照第 5 步到第 7 步的方法来检验接触斑点的位置。

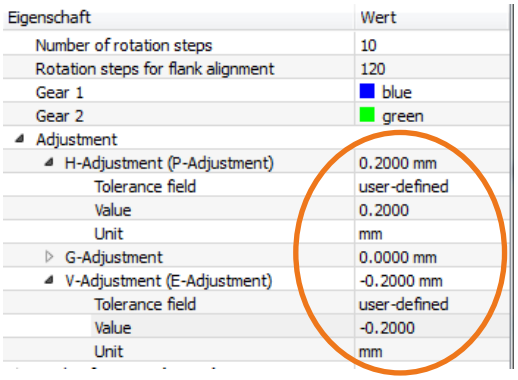


图 40 . VH (EP) 检验

如果想得到更多的关于 VH-检验的信息，请参照 ISO/TR 10064-6 "Code of inspection practice" 。

如果想改变铣刀头的大小到任意值，即与现有的标准系列没有关系，则很容易看到无载荷条件下的接触斑点的位置。如果想得到更多的关于铣刀头大小影响的信息，请参照这个 ISO 标准文件 ISO/TR 22849 ："Design recommendations for bevel gears"。

7. 如果遇到小齿轮的齿数非常小，以至于在齿轮小端（内侧）的齿顶会变尖，难以建立 3D 模型，下列信息会提供一些帮助：

-在 **"Modifications"** 标签里，可以定义在齿轮内侧（小端）的齿顶倒角（这种方法经常在克林根贝格的齿轮里使用）。
- 在小齿轮上加上小的变位。
- 通过改变齿制，降低小轮的齿顶高。
- 减小齿宽

- 改变齿轮的加工方式，由端面滚齿法（克林根贝格的等高齿）修改为端面铣削法（格里森的收缩齿 modifyed）。如果想得到更多的信息，参照： "BevelGear 5 (Gleason)" 中的例子：传动比为 8:36。

4 在加载条件下的接触分析

加载条件下的接触分析允许用户考虑比如齿向方向的鼓形修形等对啮合的影响。假如输入了轴的错位量 VH（也叫 EP），则在评价接触斑点，传递误差等就会考虑实际状况下的小齿轮和大齿轮的轴线错位量。

点击例子标签里面例子： "BevelGear 1 (Klingelnberg)" 文件，然后点击"File → Save as..." 保存到特定的目录里。

4.1 输入修形量

在 "Modifications" 标签里，点击按钮 来增加齿面修形。在技术文献（"Kegelräder", by Jan Klingelnberg, 第 74 页），标准长度的鼓形修形量为 b2/250 到 b2/600（对于正常轴线偏差）或者为 b2/350 到 b2/800（对于较低的轴线偏差）。因此，齿宽为 50 的齿轮，b2=50mm，所以长度修形范围为 0.200mm 到 0.084mm 之间（对于正常的轴线偏差）或者为 0.140mm 到 0.063mm 之间（对于较低的轴线偏差）。

输入实际值，然后点击 F5，重新计算文件（见 图 41）。

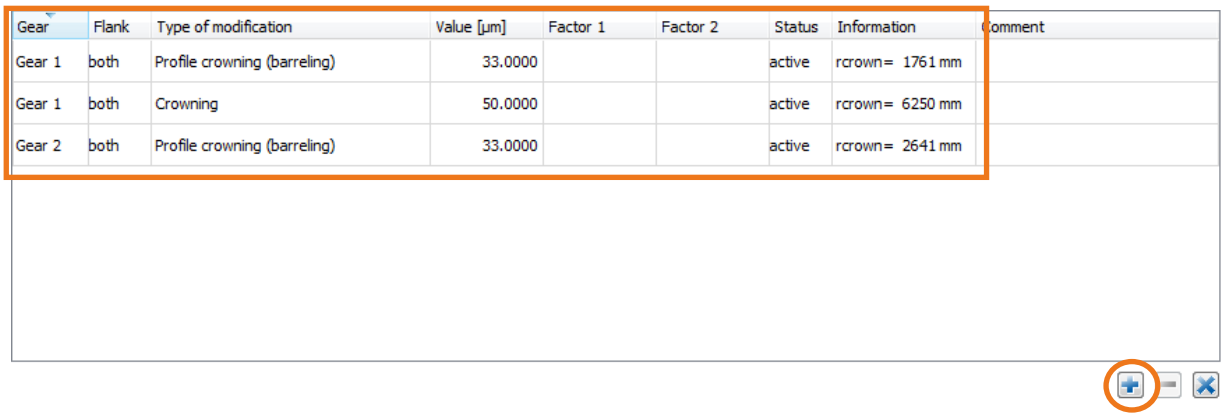


图 41 . 通过定义修形来优化接触特性

注意: 对于接触分析，不可能在不同的齿面加不同的修形。只有右齿面的修形在接触分析中考虑。如果用户在左右齿面指定了不对称的修形，则会有一个提示信息出现。

4.2 接触分析计算

打开 “contact analysis” 标签。可以通过推荐按钮获得摩擦系数。在 “contact analysis” 点击 F5 进行接触分析计算。

注意: 在接触分析中，选项： “Use interpolation with 3D-splines” 和别的设置是不会考虑到的。更多的信息可以参照另外一个指导文件： “bevel gear contact analysis” 。

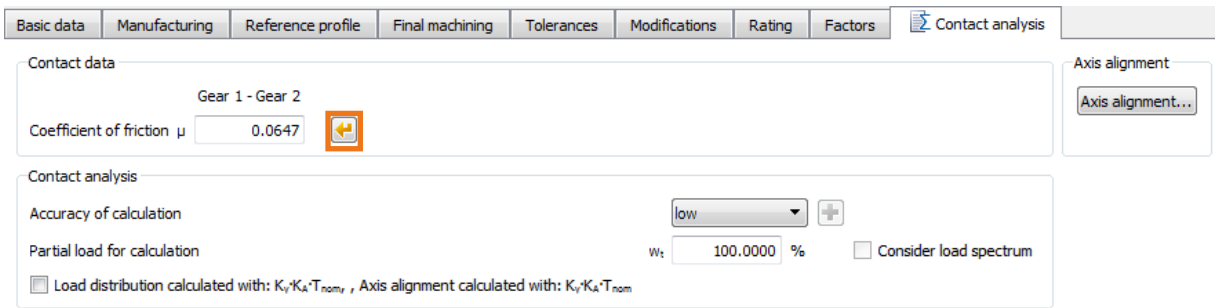


图 42 . 摩擦系数推荐和接触分析计算

4.3 评价

可以从“Graphics – contact analysis”里得到接触分析的评价图示。推荐的图形为：“**contact lines on tooth flank**”和“**stress curve 3D** ”

图形“**contact lines on tooth flank**”显示的接触线的线载荷[N/mm]。选项：“contact pattern”（在“properties”）里面显示的是在接触过程中，所有的接触线。因此，有必要的时候，输入鼓形量或者角度修形，则接触斑点的位置和大小能够评价。

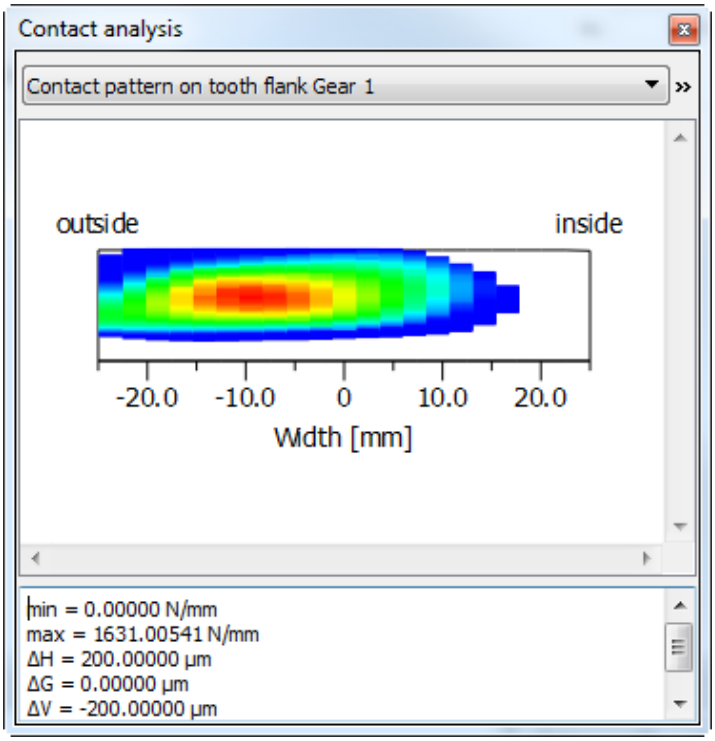


图 43． 基于接触线，显示齿面上的接触斑点

图形“**stress curve 3D**”显示了接触分析中的应力大小 [N/mm²]。因此，诸如接触边缘的峰值应力等能够被检测到。如果有必要，通过鼓形量和角度修形来优化。

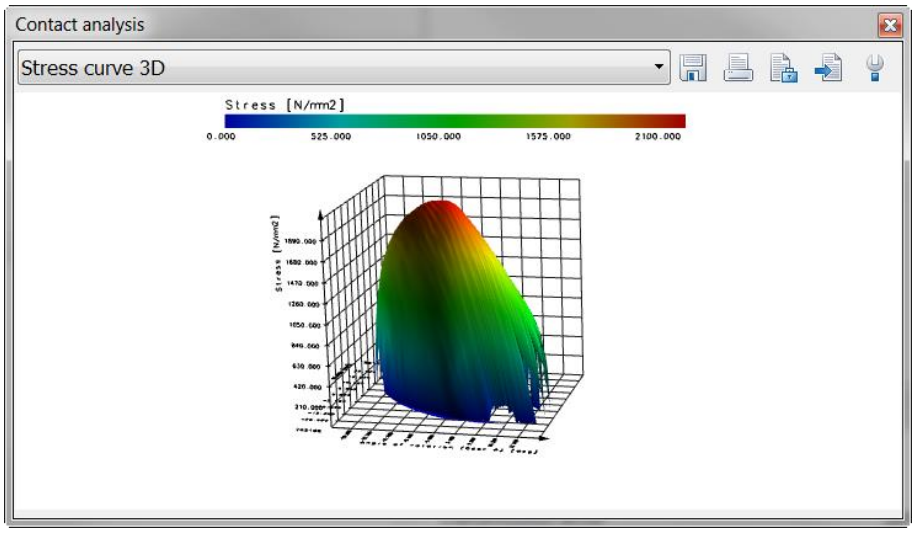


图 44． 3D 应力图：考虑应力峰值的应力图评价