KISSsoft
Calculation programs for machine design

# KISSsoft 03/2017 – 教程 10

## 圆柱齿轮的寿命分析

**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
1.1 任务 ..... 3
2 启动程序 ..... 4
2.1 启动软件 ..... 4
3 输入数据 ..... 4
3.1 输入载荷谱 ..... 4
3.1.1 数据库：输入指导 ..... 4
3.1.2 数据库：从文件中输入数据 ..... 6
3.1.3 自定义输入 ..... 7
3.2 输入齿轮参数 ..... 9
3.3 定义其他参数 ..... 10
3.3.1 中心距 ..... 10
3.3.2 变位系数 ..... 10
3.3.3 润滑 ..... 13
4 带载荷谱的强度分析 ..... 14
4.1 根据许用安全系数计算使用寿命 ..... 14
4.2 根据使用寿命计算安全系数 ..... 18
4.3 计算最大允许扭矩 ..... 19
5 额外计算 ..... 20
5.1 胶合强度安全系数 ..... 20
5.2 必需的硬化层深度 ..... 22

# 1 任务

## 1.1 任务

按 ISO 6336 方法 B 的规定分析圆柱齿轮副。本案例中载荷谱会被使用。安全系数、使用寿命和额定功率校核都会被计算。

下面的数据是此圆柱齿轮副的已知参数：

| | **Gear 1** | **Gear 2** |
|---|---|---|
| 模数 [mm] | 6 | 6 |
| 螺旋角 [degrees] | 5 | 5 |
| 压力角 [degrees] | 20 | 20 |
| 齿数 [-] | 25 | 76 |
| 齿宽 [mm] | 44 | 43 |
| 材料 | 18CrNiMo7-6 case-hardened | 18CrNiMo7-6 case-hardened |
| 额定扭矩 [Nm] | 3360 | 根据计算 |
| 额定转速 [Rpm] | 440 | 根据计算 |
| 工况系数 [-] | 1.25 | 1.25 |
| 需要的服役寿命 [h] | 20’000 | 20’000 |

下列载荷谱会被使用：

| **频率 [%]** | **速度系数 [%]** | **扭矩系数 [%]** |
|---|---|---|
| 10 | 20 | 20 |
| 20 | 50 | 30 |
| 40 | 80 | 90 |
| 30 | 100 | 100 |

# 2 启动程序

## 2.1 启动软件

一旦软件安装成功并且激活，用户就可以打开 KISSsoft 程序。通常按照步骤点击"Start→Program Files→KISSsoft 03-2017→KISSsoft 03-2017" 来打开程序。KISSsoft 的基本界面如下所示：

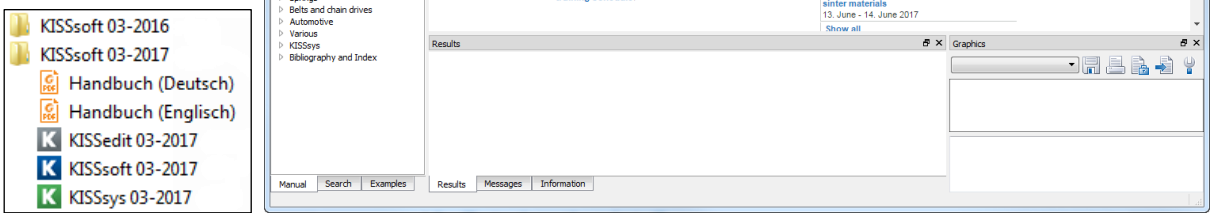



图 1. 启动 KISSsoft，初始窗口

# 3 输入数据

## 3.1 输入载荷谱

KISSsoft 提供了一系列不同的选项输入载荷谱。如果载荷谱是存储在数据库内，也可以用于其他计算。与此相反，如果用户使用"**Own input**"选项去输入载荷谱，它仅能用于当前文档的计算。

### 3.1.1 数据库：输入指导

打开数据库工具如图 2 所示并授予写数据的权限（用户必须以管理员的身份运行 KISSsoft），现在用户在数据库中有一系列选项去定义载荷谱。在列表中选择**"Load spectra 载荷谱"** 并点击 **"Edit 编辑"** 来打开编辑表格。

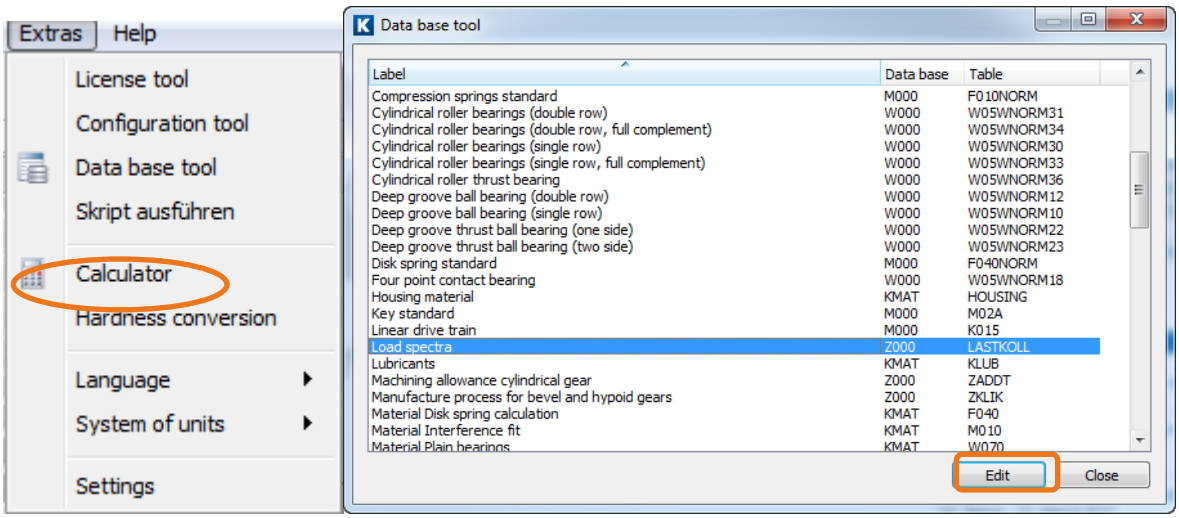



图 2.打开载荷谱数据库

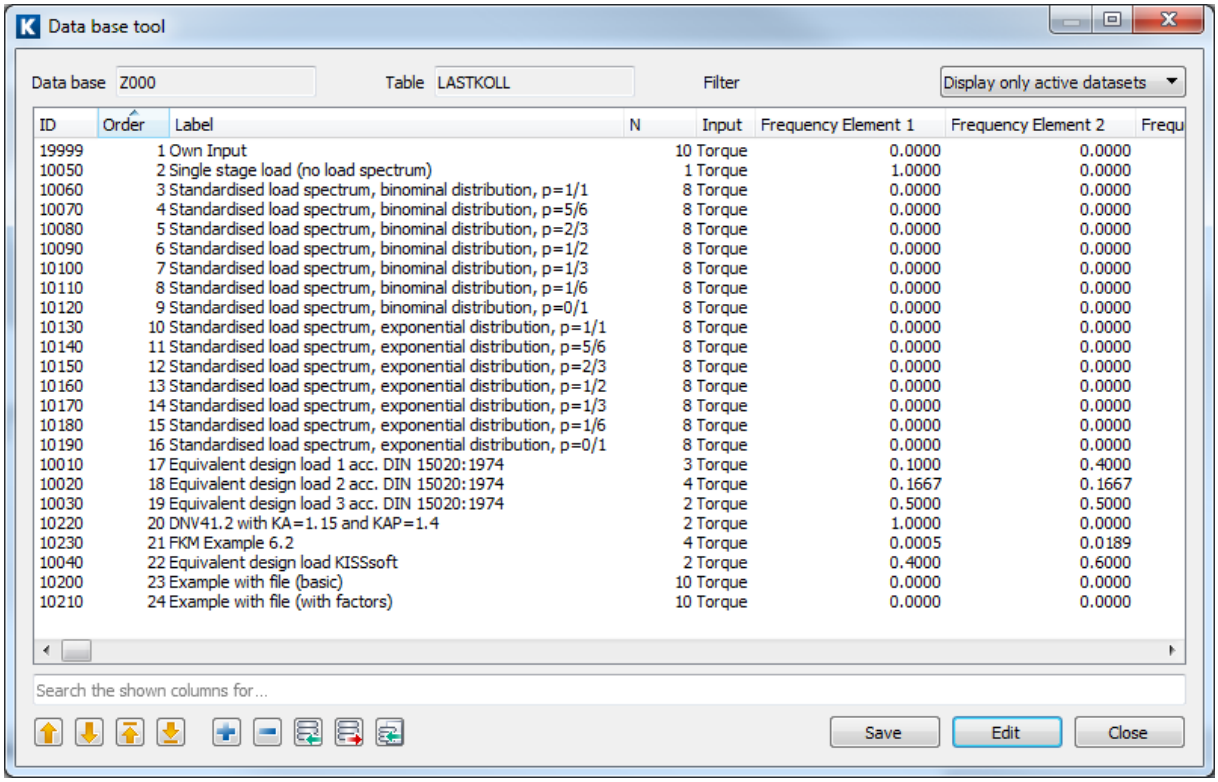



图 3.创建一个新的数据记录

点击 去创建一个新的数据记录。如果数据记录被标识，它将会复制此数据并添加"_NEW" 在标签上。如果没有数据记录被标识，新数据记录将被创建。现在输入描述数据。现在可以看到关于对应各级载荷的“频率、载荷或扭矩系数和速度系数”的信息 。用户也可以指定载荷谱是基于扭矩或传递功率。一旦你完成了此载荷谱数据的输入，点击**"OK"**并点击**"Save"** 去保存此数据记录。然后点击**"Close"** 来关闭数据库工具并返回到 KISSsoft 系统的初始界面。此载荷谱现在就可用于分析。

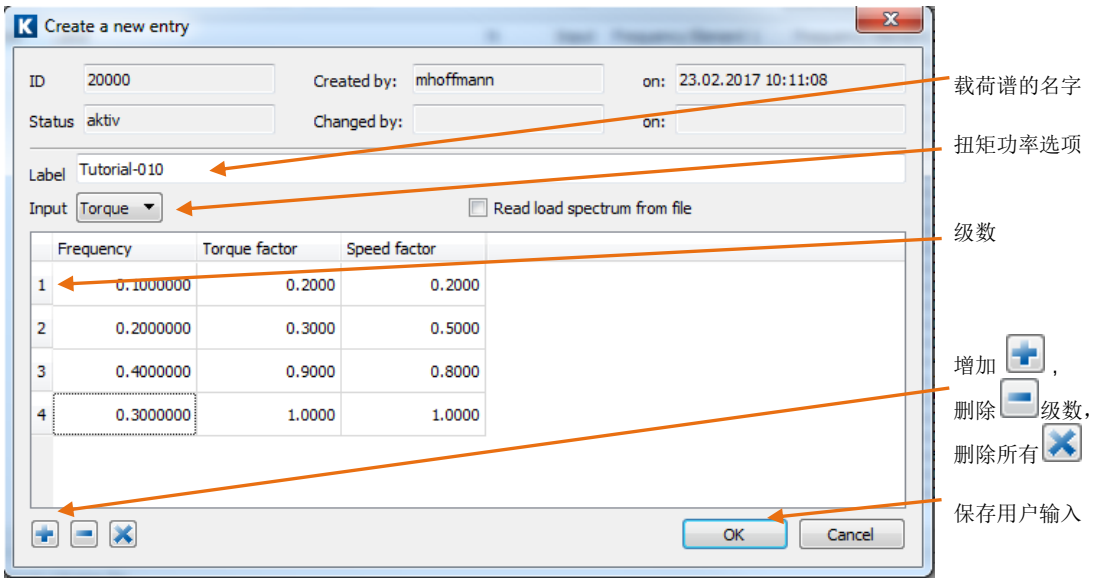



图 4. 载荷谱的输入

### 3.1.2 数据库：从文件中输入数据

用户也可以从文件中转移载荷谱到数据库中。为此，按如下所示在文本编辑器中输入需要的载荷谱（对每个载荷元素不带应力中值影响系数及齿面载荷分布系数）（见 Example_DutyCycle.dat）：

频率，扭矩/功率，速度
示例：

| | | |
|---|---|---|
| 0.1 | 0.2 | 0.2 |
| 0.2 | 0.3 | 0.5 |
| 0.4 | 0.9 | 0.8 |
| 0.3 | 1.0 | 1.0 |

如果这些系数对计算的每个机械元素是需要的/现用的，用户需要按如 Example_DutyCycleWithFactors.dat 显示的定义载荷谱。

这个文件以后缀名*.**dat** 保存，此例子"Example-Tut-010.dat"， 优先放置在…\KISSsoft 03-2017\ext\DAT 文件夹（更多信息，见 图 5）或其他文件夹（更多信息，见图 6）。
在 KISSsoft 安装文件夹，用户会发现一个文件夹名为 C:\Programs\KISSsoft 03-2017\ext\DAT。如果存储后缀名为*.dat 在这个文件夹， KISSsoft 系统能够自动找到它们。这样的情况下，用户仅需要按以下输入：

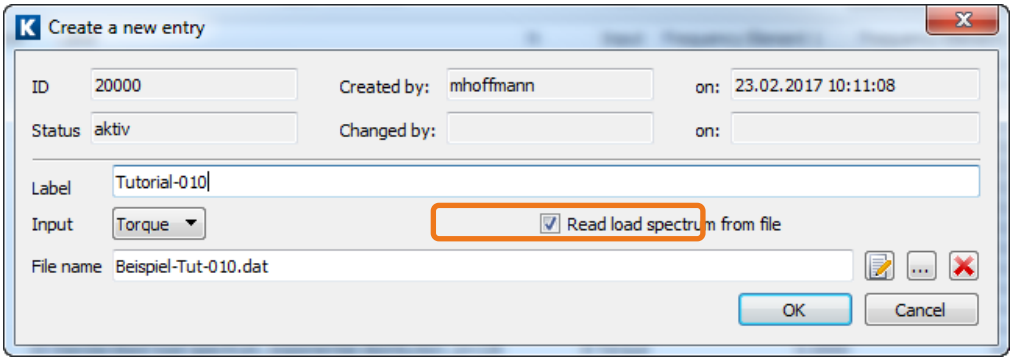



图 5. 输入载荷谱保存的文件名字

如果用户保存载荷谱文件到不同的文件夹，则必须输入整个路径+文件名在"File name"一栏。如果路径名字太长，按照上面的步骤操作。

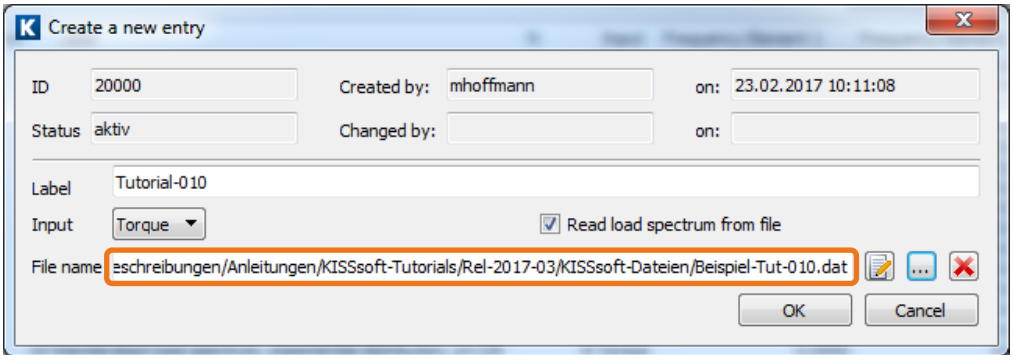
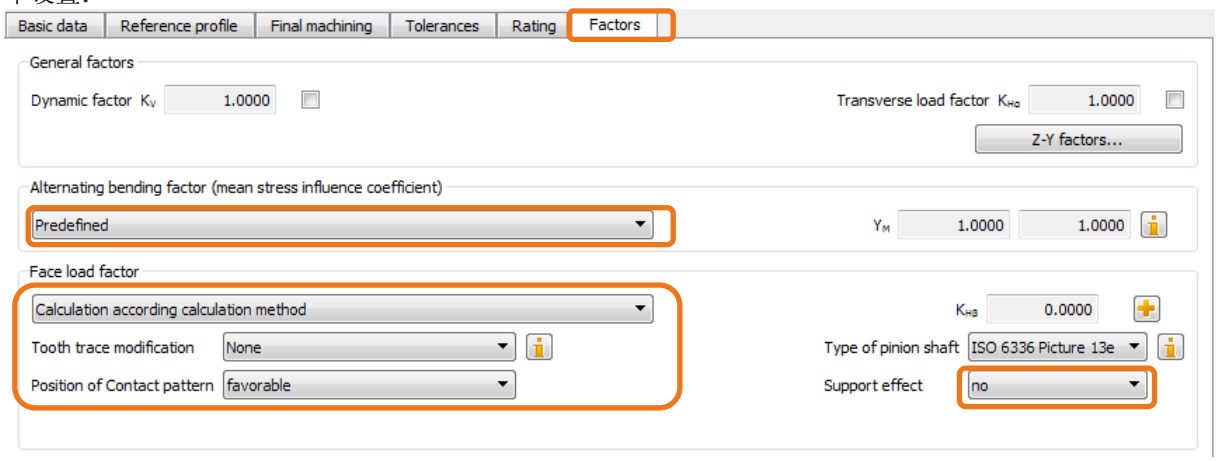



图 6. 包含文件名的整个路径的输入

### 3.1.3 自定义输入

用户也可以在校核“Rating”界面定义载荷谱。在这里用户也可以对每个机械元素使用带或不带齿面载荷分布系数和应力中值影响系数的载荷谱。

按照这个例子，用户想定义不带这些系数的载荷谱，需在“Factors 系数”和“Rating 校核”界面进行如下设置：



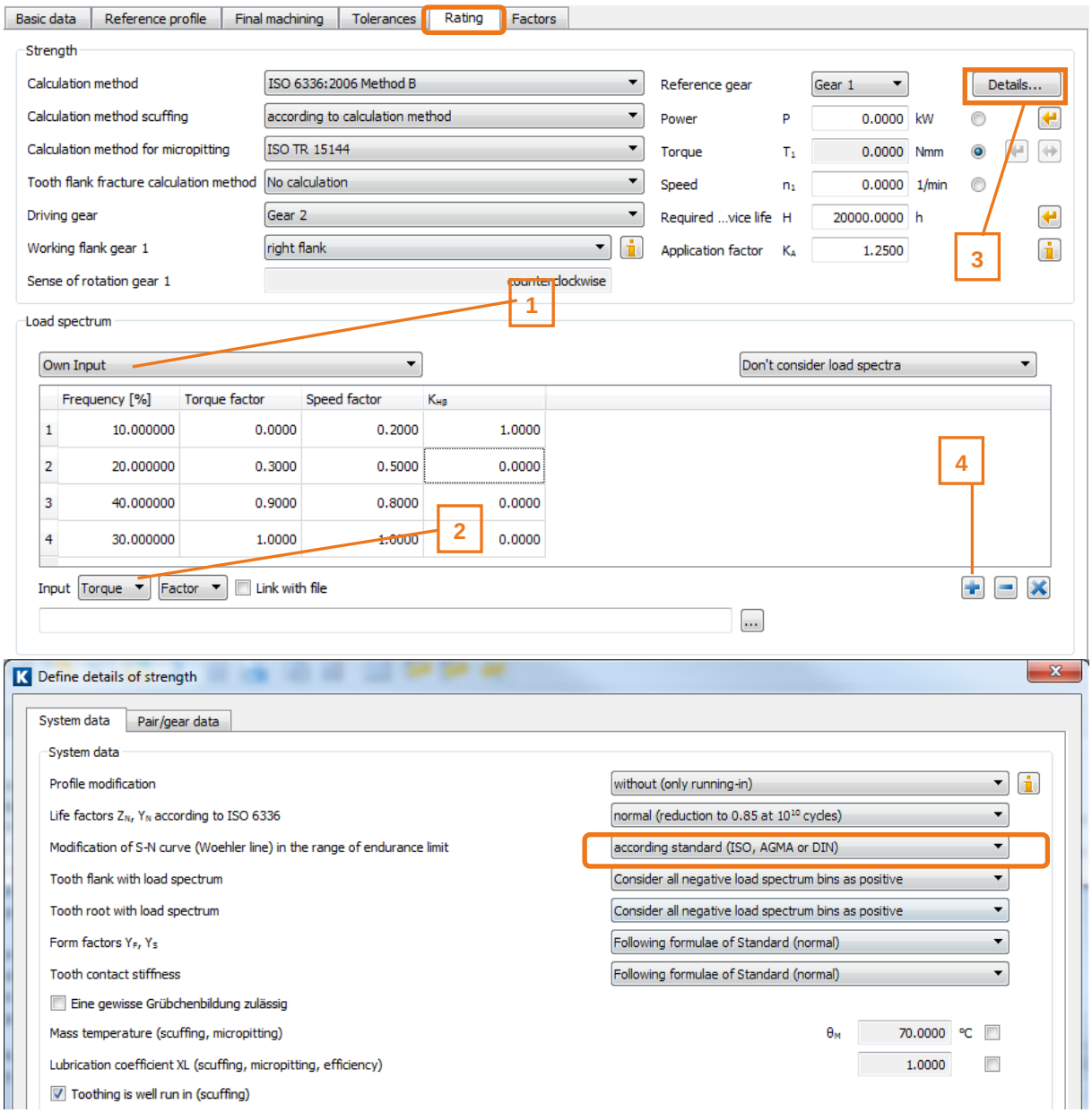



图 7. 载荷谱"Own Input 自定义"

(1) 载荷谱的类型（数据库载荷谱（预定义和用户生成），自定义）
(2) 输入的类型:例如，与功率/扭矩相关，系数或绝对值，从文件输入数据
(3) 定义 S-N 曲线的疲劳极限的范围
(4) "添加载荷谱元素",， "删除载荷谱元素"， "删除所有"

## 3.2 输入齿轮参数

在 KISSsoft 主界面的模块树窗口，启动圆柱齿轮计算，点击 **"Modules 模块"**标签，并点击**"Cylindrical gear pair 圆柱齿轮副"**。然后输入齿轮数据，详见以下：

在“Basic data 基本数据”界面：

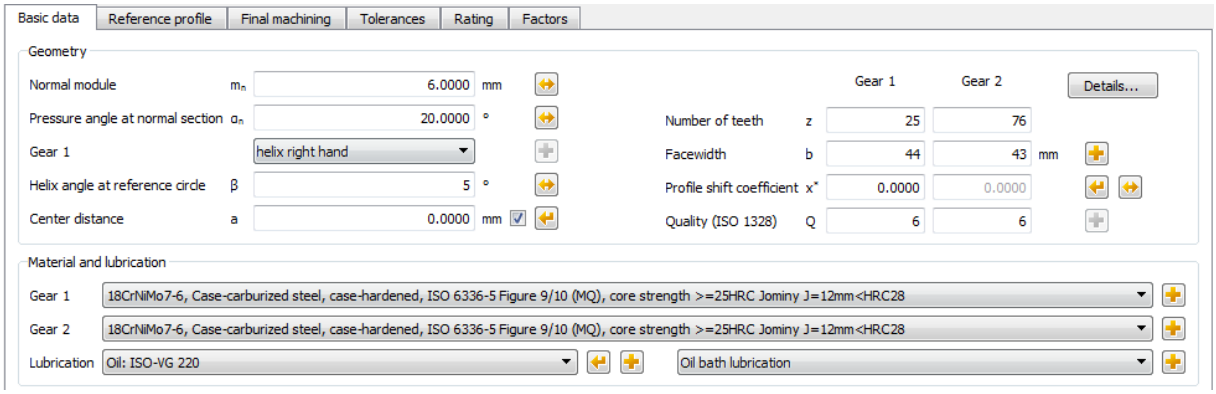



图 8.输入齿轮参数及载荷数据

在“Rating 校核 ”界面：

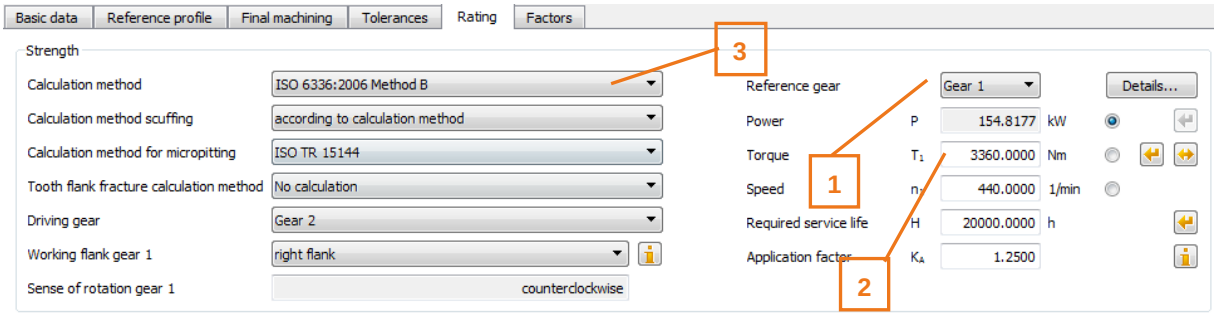



图 9.输入齿轮参数及载荷数据

(1) 基准齿轮
(2) 载荷：这里用户必须输入 3 个值中的 2 个（转速，扭矩，功率）
(3) 计算方法

## 3.3 定义其他参数

### 3.3.1 中心距

点击中心距输入框右边的选型按钮 来定义中心距。在这里，没有定义变位系数，所以总的变位系数是零。要计算中心距，点击"Calculate"，然后点击"Accept"这个值会转移到主界面上。

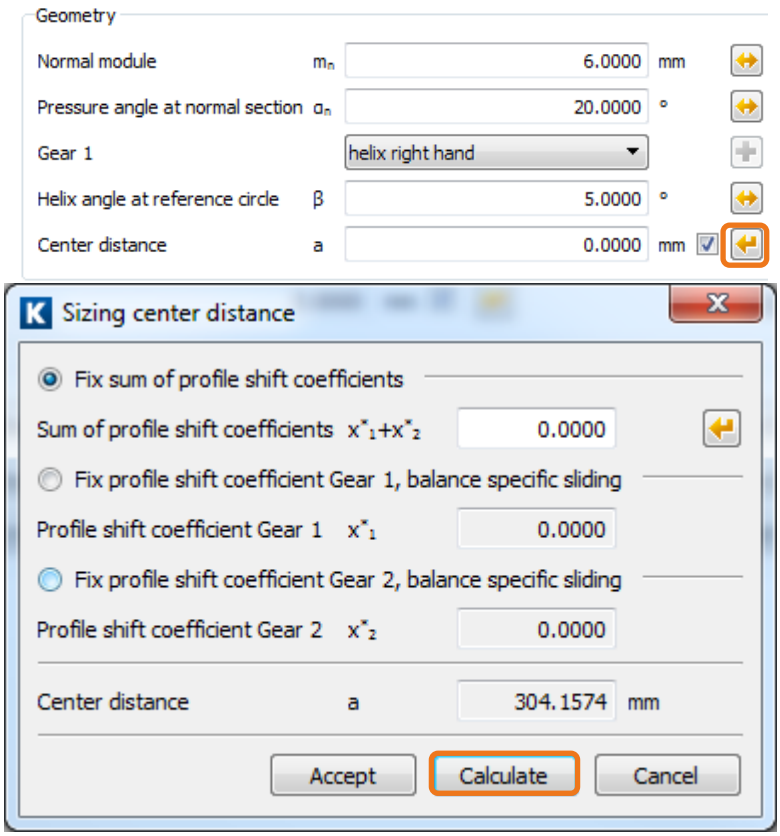



图 10. 用预先定义的总的变位系数（这里是 0）来计算中心距

### 3.3.2 变位系数

用户应该选择变位系数以便达到最小的滑动速度，平衡的滑动率。为此，点击变位系数旁边的选型按钮 。

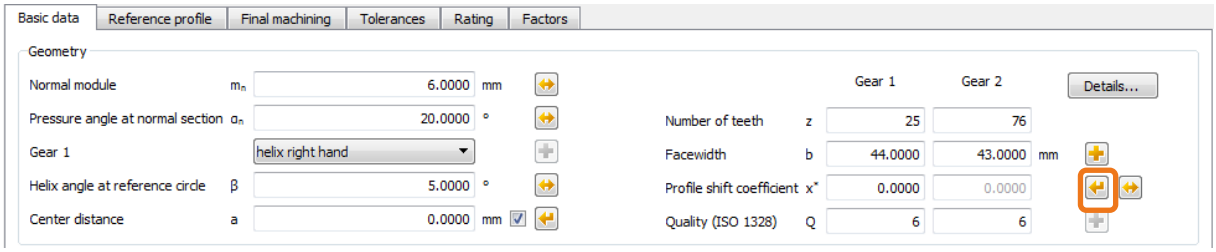
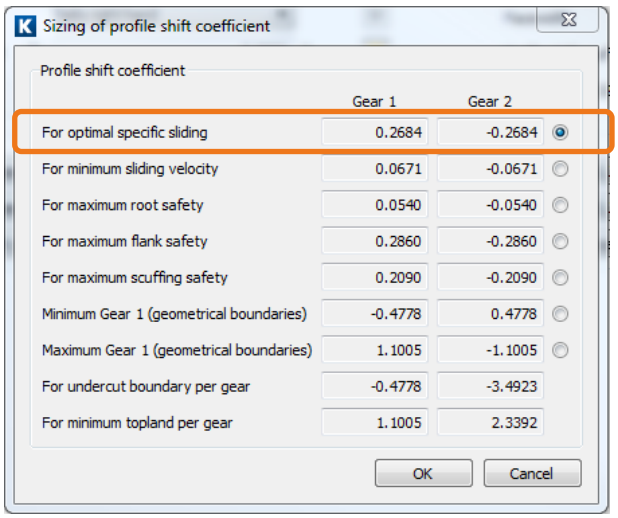



图 11. 变位系数的 "选型按钮"




用户可以看到针对不同准则的变位系数的结果。在此例中，用户应该选择"For optimal specific sliding 最优滑动率"准则的变位系数。

图 12. 变位系数的选型

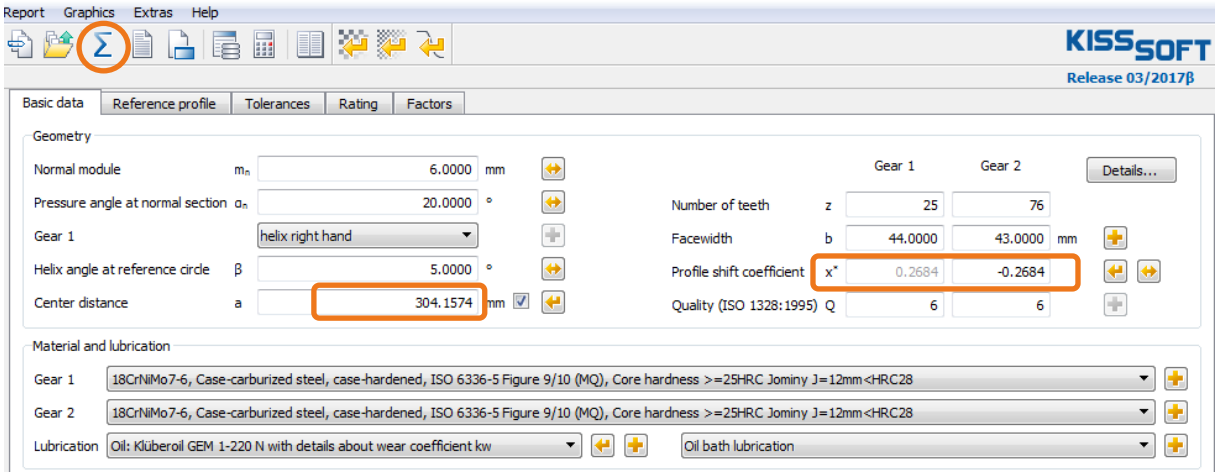



图 13. 计算出变位系数

中心距是一个理论值。它被设置为 304.2 mm （直接覆盖原先的值）。确认变位系数已经发生变化，点击  （计算）。这是小幅修改，不影响滑动率。当执行分析时，系统会为指定的额定负载计算出安全系数。结果会呈现在窗口的下半部分。

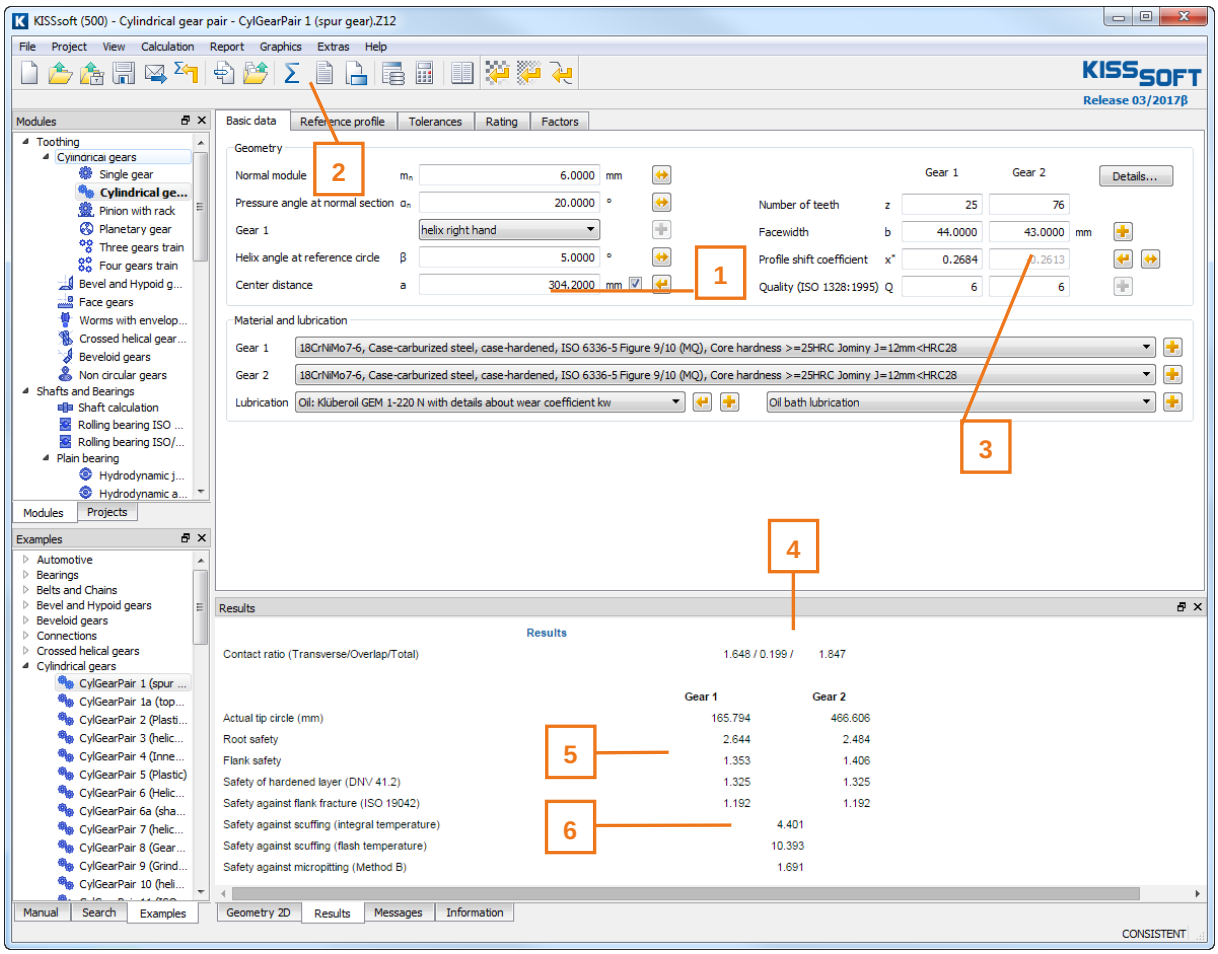



图 14. 齿轮副在额定负载下的初次计算结果（推荐出合理的中心距、变位系数）

(1) 手动定义中心距
(2) 进行计算
(3) 轻微改变的变位系数
(4) 重合度的计算结果
(5) 在额定负载下的安全系数计算结果
(6) 胶合安全系数的计算结果

用户可以查看滑动率情况，点击**"Graphics 图表"→ "Evaluation 评估" →"Specific sliding 滑动率"**：

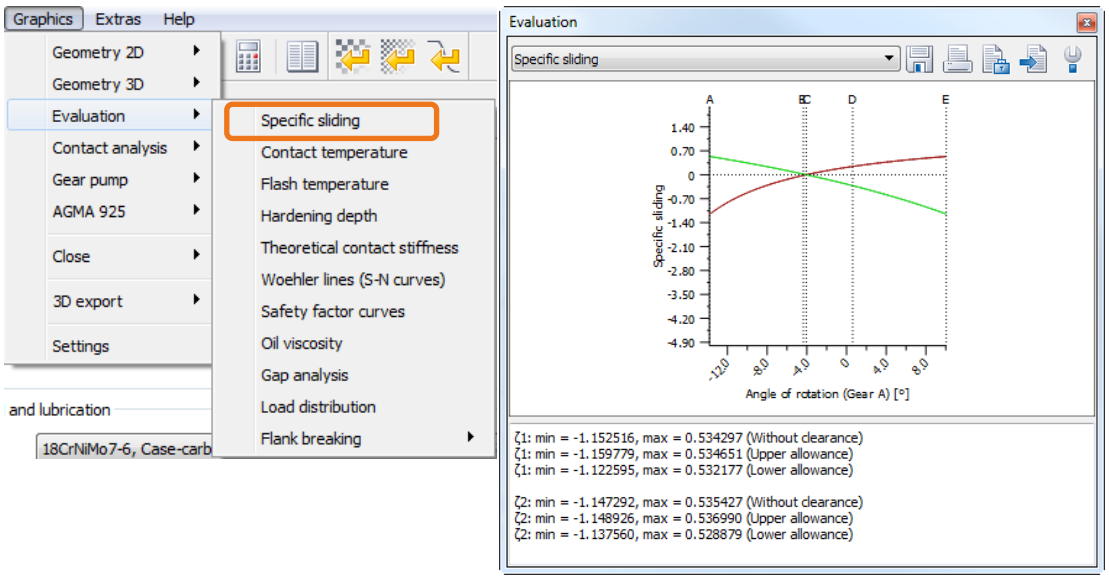



图 15. 查看滑动率曲线图

### 3.3.3 润滑

用户可以直接在主界面上选择润滑类型和润滑油。指定润滑油温度，点击润滑类型右边的 按钮。也可以在**"Operating backlash 工作间隙"** 界面输入周围环境温度。

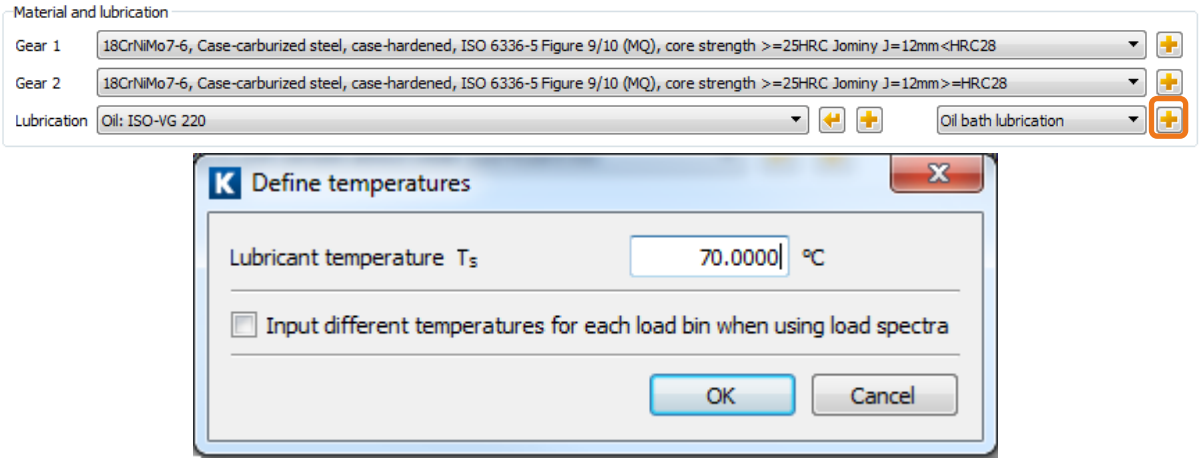
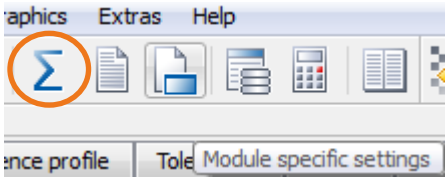



图 16. 关于润滑的细节

# 4 带载荷谱的强度分析

## 4.1 根据许用安全系数计算使用寿命

首先，定义服务寿命的小时数，将许用安全系数考虑到计算中。不同的设置和不同模数的许用安全系数已经内置在软件中。在模块的特殊设置中，这些安全系数针对每个指定模数已预先定义好，且对金属（同标准 DIN、ISO 和 AGMA）或塑料材料的区别对待。



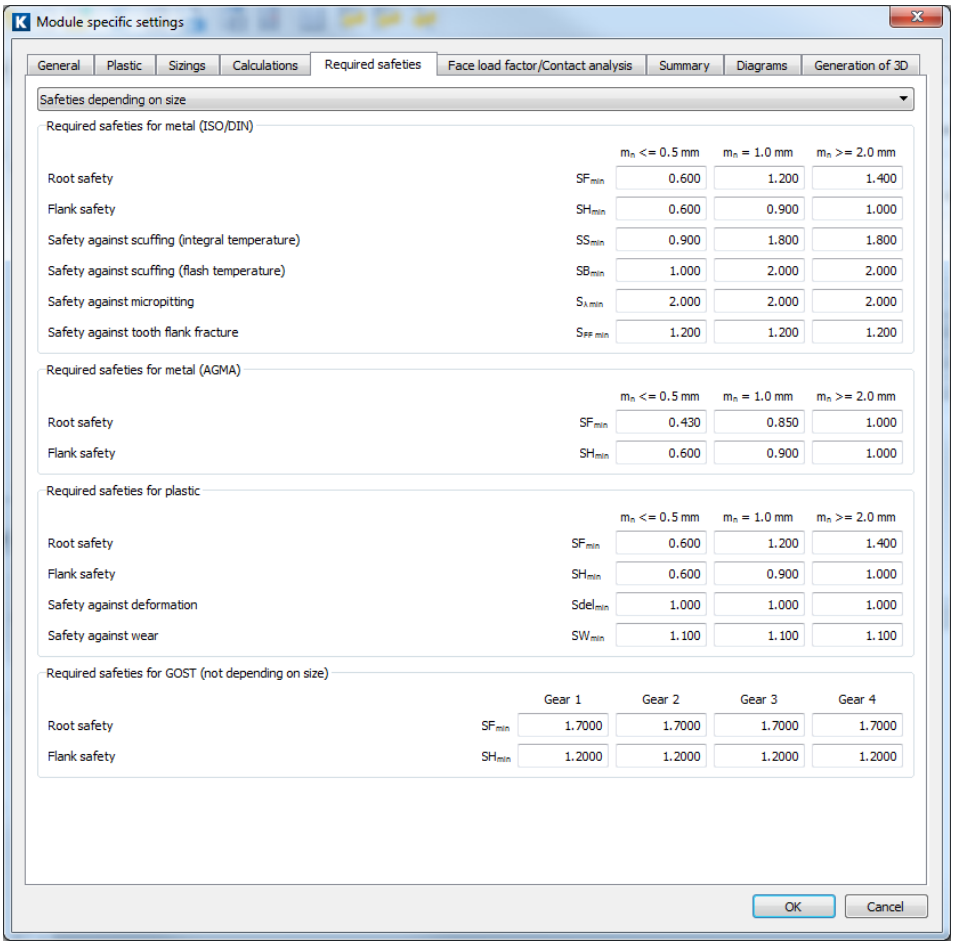




图 17. 许用安全系数的默认设置

在**"Required safeties 许用安全系数"** 标签，用户可以输入自定义数值。

为此，选择**"Safeties are not depending on size 安全系数不依赖尺寸"**，从其下列列表中输入自定义的值：

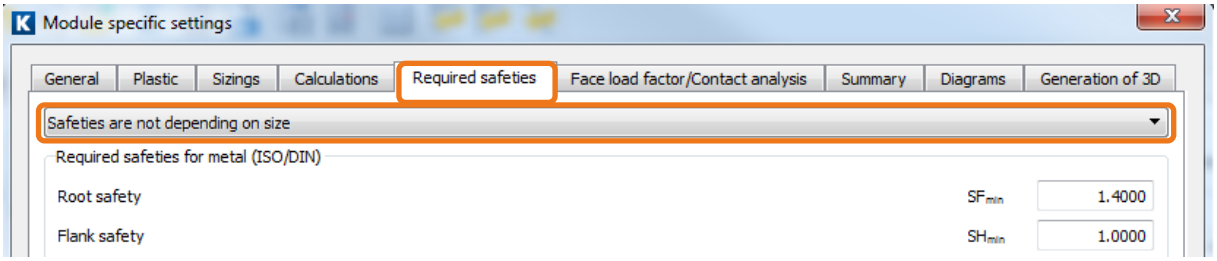



图 18. 设置许用安全系数

计算使用寿命的结果，同时在计算中考虑载荷谱，输入载荷谱数据按章节 3.1.3。

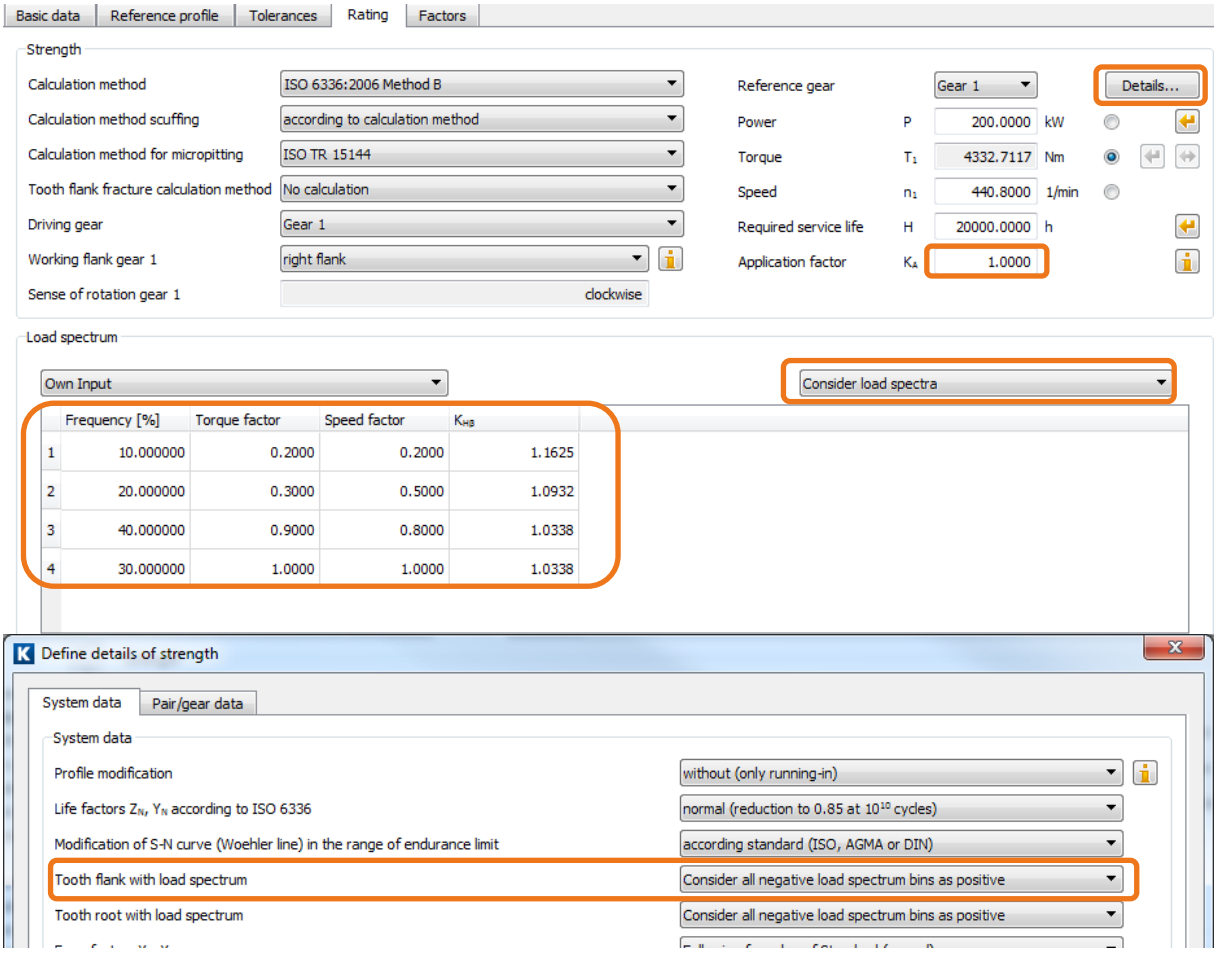



图 19. 定义载荷谱

现在设置应用系数为 1.00，这是在有载荷谱计算时的通常设置（然而，这个值可以大于 1.00，取决于那种工况/默认设置）。此外，用户可以使用不同的疲劳曲线的修正。按 "F1" 去显示关于此的更多信息的在线帮助。点击  （计算）或按 F5 执行计算。

然后，以 **200 kW** 执行分析。点击 **"Report 报告"→ "Service life 服务寿命"**在报告中显示结果。

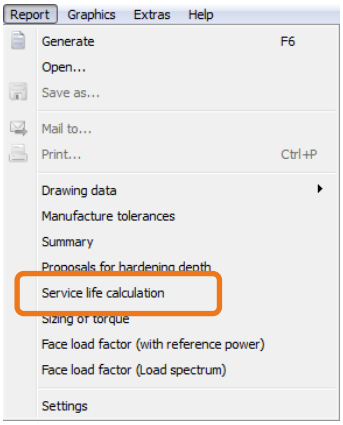



图 20. 服务寿命的记录

## Load spectrum

Own Input
Number of bins in the load spectrum: 4
Reference gear: 1

| Bin No. | Frequency [%] | Power [kW] | Speed [1/min] | Torque [Nm] | Coefficients KV | KHβ | KHα | Kγ | YM1 | YM2 | Temperature OilTemp |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10.00000 | 8.0000 | 88.2 | 866.5423 | 1.0077 | 1.1625 | 1.1132 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 70 |
| 2 | 20.00000 | 30.0000 | 220.4 | 1299.8135 | 1.0154 | 1.0932 | 1.0310 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 70 |
| 3 | 40.00000 | 144.0000 | 352.6 | 3899.4405 | 1.0164 | 1.0338 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 70 |
| 4 | 30.00000 | 200.0000 | 440.8 | 4332.7117 | 1.0200 | 1.0338 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 70 |

S-N curve (Woehler line) in the endurance domain according: according to standard

Notice:
Calculation-method according to:
- ISO 6336-6 / DIN3990-6
During the calculation all the load factors (ISO6336/DIN3990: KV, KHb, KFb; AGMA2001: Knu, Km, ..) for each load spectrum bin are calculated separately.

Notice:
Calculation with methods ISO6336 and AGMA 2001 results in a reduction of resistance in the domain of fatigue resistance (from circa 10^7 to 10^10 cycles).
The lifetime calculation takes this into account (also with the S-N curve (Woehler Curve) of the Miner type).

### Results

Calculation with load spectrum

| | | |
|---|---|---|
| Required safety for tooth root | [SFmin] | 1.40 |
| Required safety for tooth flank | [SHmin] | 1.00 |

Service life (calculated with required safeties):

| | | | |
|---|---|---|---|
| System service life (h) | [Hatt] | | 435 |
| Tooth root service life (h) | [HFatt] | 435.3 | 664.3 |
| Tooth flank service life (h) | [HHatt] | 1.067e+004 | 3.677e+004 |

Damage calculated on the basis of the required service life [H] ( 20000.0 h)

No. F1% F2% H1% H2%
1 0.00 0.00 0.00 0.00
2 0.00 0.00 0.00 0.00
3 21.27 154.38 32.41 9.41
4 4572.99 2856.40 154.96 44.98
---
Σ 4594.25 3010.78 187.37 54.40

Damage calculated on basis of system service life [Hatt] ( 435.3 h)

No. F1% F2% H1% H2%
1 0.00 0.00 0.00 0.00
2 0.00 0.00 0.00 0.00
3 0.46 3.36 0.71 0.20
4 99.54 62.17 3.37 0.98
---
Σ 100.00 65.53 4.08 1.18

Damage calculated on basis of individual service life HFatt & HHatt

HFatt1 HFatt2 HHatt1 HHatt2
(h) 435.3 664.3 1.067e+004 3.677e+004

No. F1% F2% H1% H2%
1 0.00 0.00 0.00 0.00
2 0.00 0.00 0.00 0.00
3 0.46 5.13 17.30 17.30
4 99.54 94.87 82.70 82.70
---
Σ 100.00 100.00 100.00 100.00

Most critical duty cycle elements for Scoring (SB, Sint), Tooth Flank Fracture (SFF), hardened layer (SEHT) and Micropitting (Slam)

SB: 4
SInt: 4
SEHT: 4
Slam: 1

Calculation of the factors required to define reliability R(t) according to B. Bertsche with Weibull distribution:
R(t) = 100 * Exp(-((t*fac - t0)/(T - t0))^b) %; t (h)

| Gear | | fac | b | t0 | T | R(H)% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Tooth root | 19572 | 1.7 | 8.225e+006 | 1.264e+007 | 0.00 |
| 1 | Tooth flank | 19572 | 1.3 | 1.883e+008 | 8.972e+008 | 82.12 |
| 2 | Tooth root | 6438 | 1.7 | 4.129e+006 | 6.345e+006 | 0.00 |
| 2 | Tooth flank | 6438 | 1.3 | 2.134e+008 | 1.017e+009 | 100.00 |

Reliability of the configuration for required service life (%) 0.00 (Bertsche)

图 21. 载荷谱计算的计算报告

用许用安全系数计算的系统服务寿命的结果是 435h。

使用选择的计算方法（此例中使用 ISO 6336）的 $K_{H\beta}$ （在这个例子中）的过渡值将被计算出，并转移到指定的载荷谱元素中。

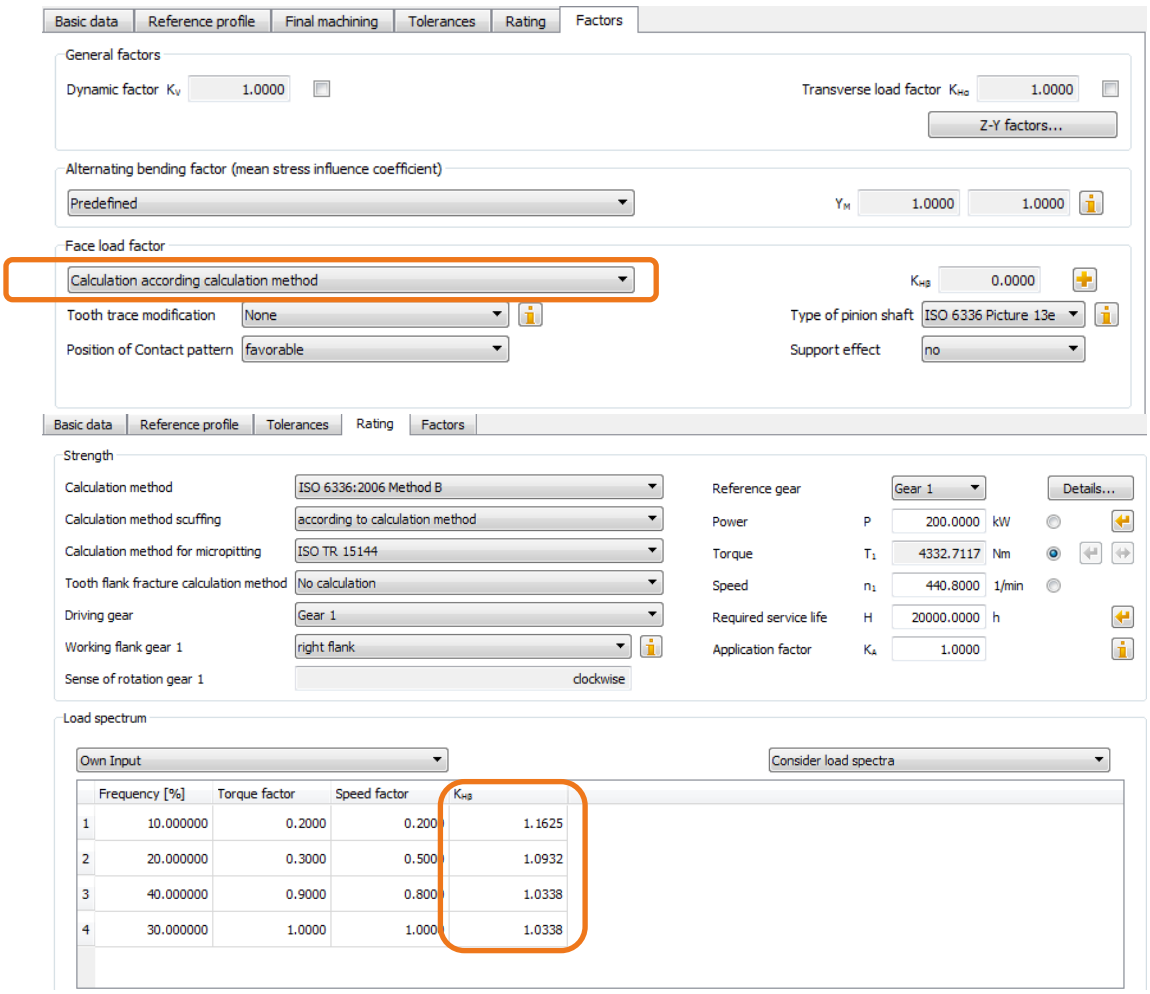
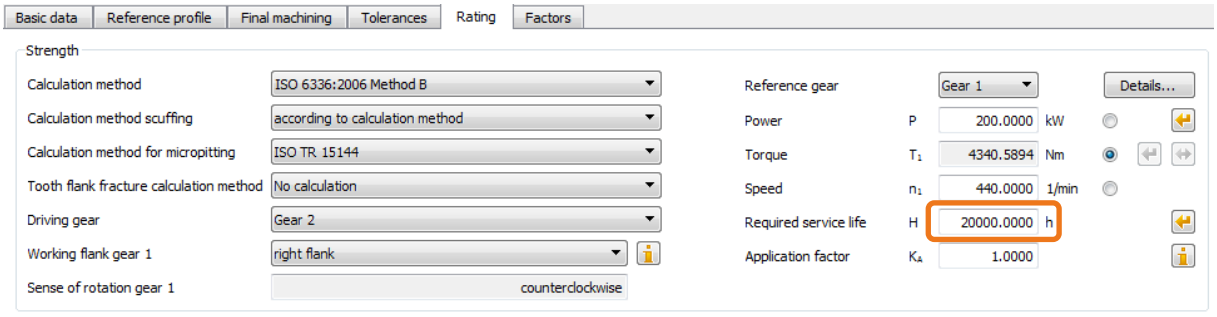



图 22. 显示每个载荷谱级的过渡数据计算步骤

## 4.2 根据使用寿命计算安全系数

当用户在"Strength 强度"一栏里设置了指定的使用寿命后，运行 **"Calculations with load spectra 带载荷谱的计算"**后，分析也自动执行。此计算执行一个迭代运算。结果显示在**"Results 结果"**窗口。



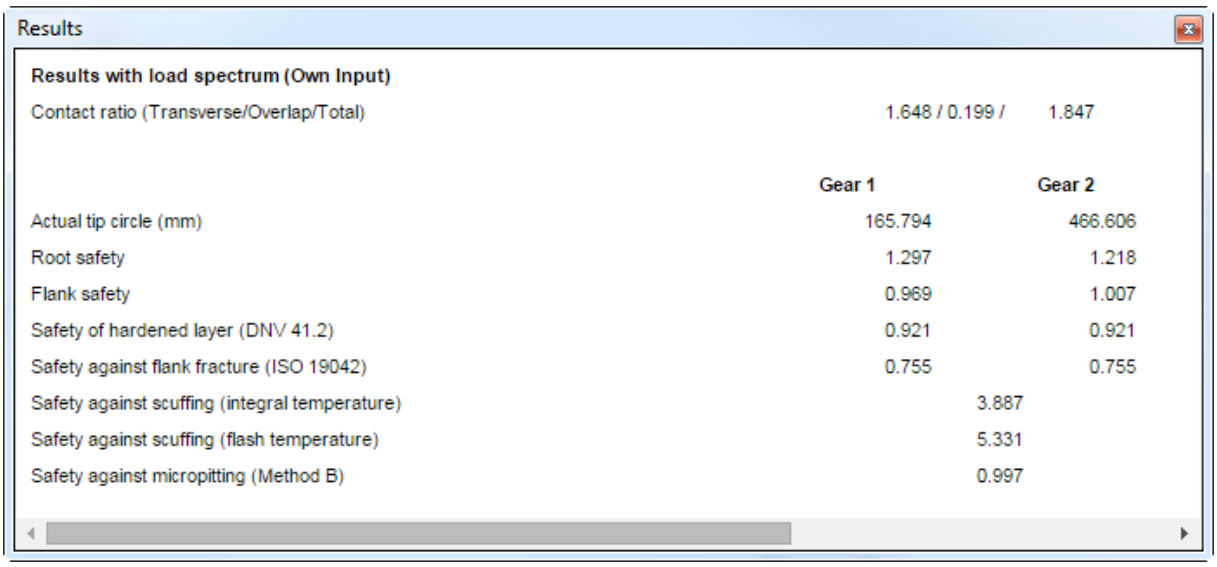



图 23. 用载荷谱及使用寿命计算的安全系数的结果

## 4.3 计算最大允许扭矩

同样的，点击选型按钮 来定义最大的传递功率。在这样的情况下，额定转速、使用寿命和许用安全系数都需要考虑在内。

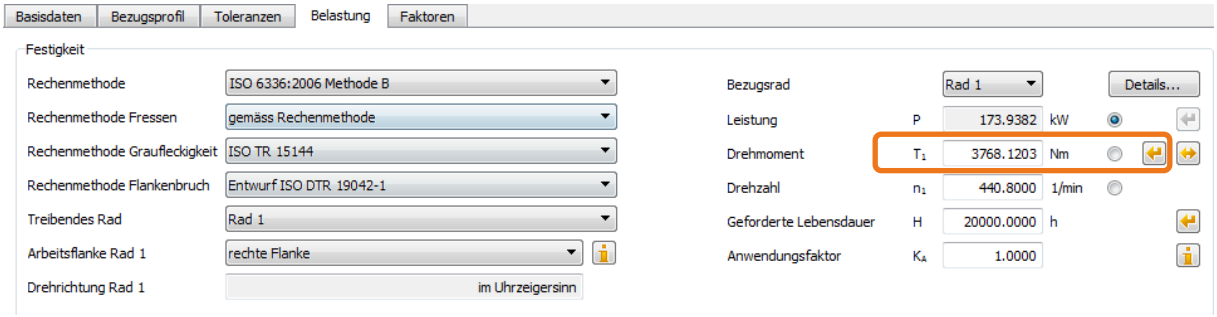



图 24. 计算最大允许扭矩

# 5 额外计算

## 5.1 胶合强度安全系数

在主界面的底部的结果窗口，用户也可以看到到按积分温度法或闪温法的胶合强度安全系数：

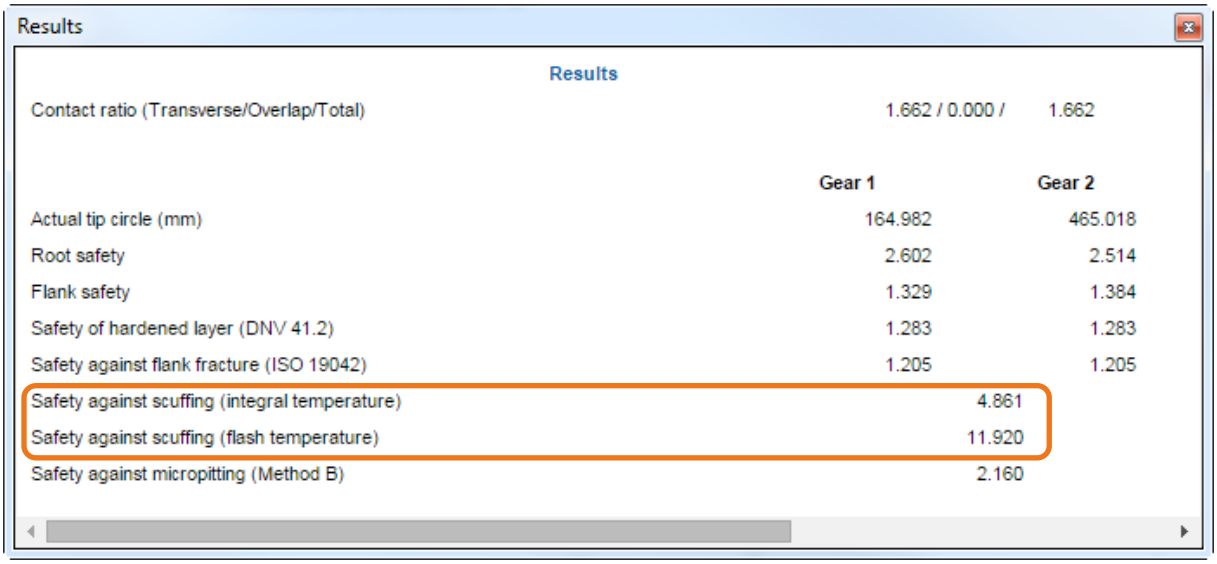



图 25. 胶合强度安全系数

用户可以显示沿啮合线的瞬时温度变化曲线，通过点击**"Graphics 图表"→"Evaluation 评估"→"Flash temperature 闪温"**， 见图 26。如果选择点击**"Calculation 计算"→ "Modifications 修形"** （见 图 27），按示例程序会执行齿顶修形（这里用 75%额定负载和 50%制造误差进行优化）并转移到修改后的齿形[Accept data]（这是显示如图 28 的消息），齿顶区域的闪温曲线也会因此改变。

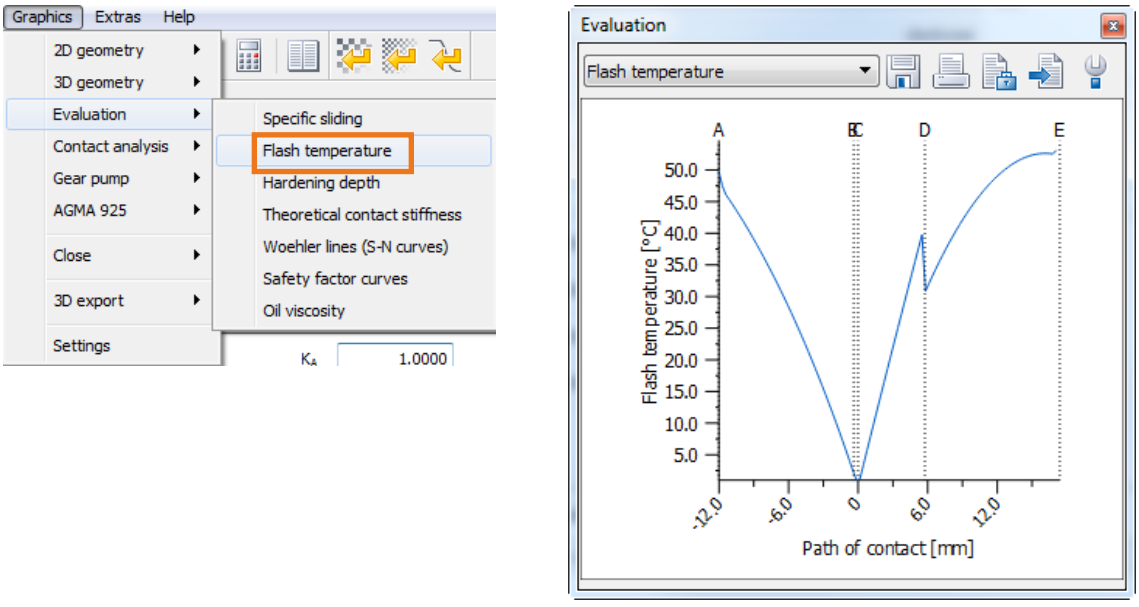



图 26. 未修形时的闪温曲线

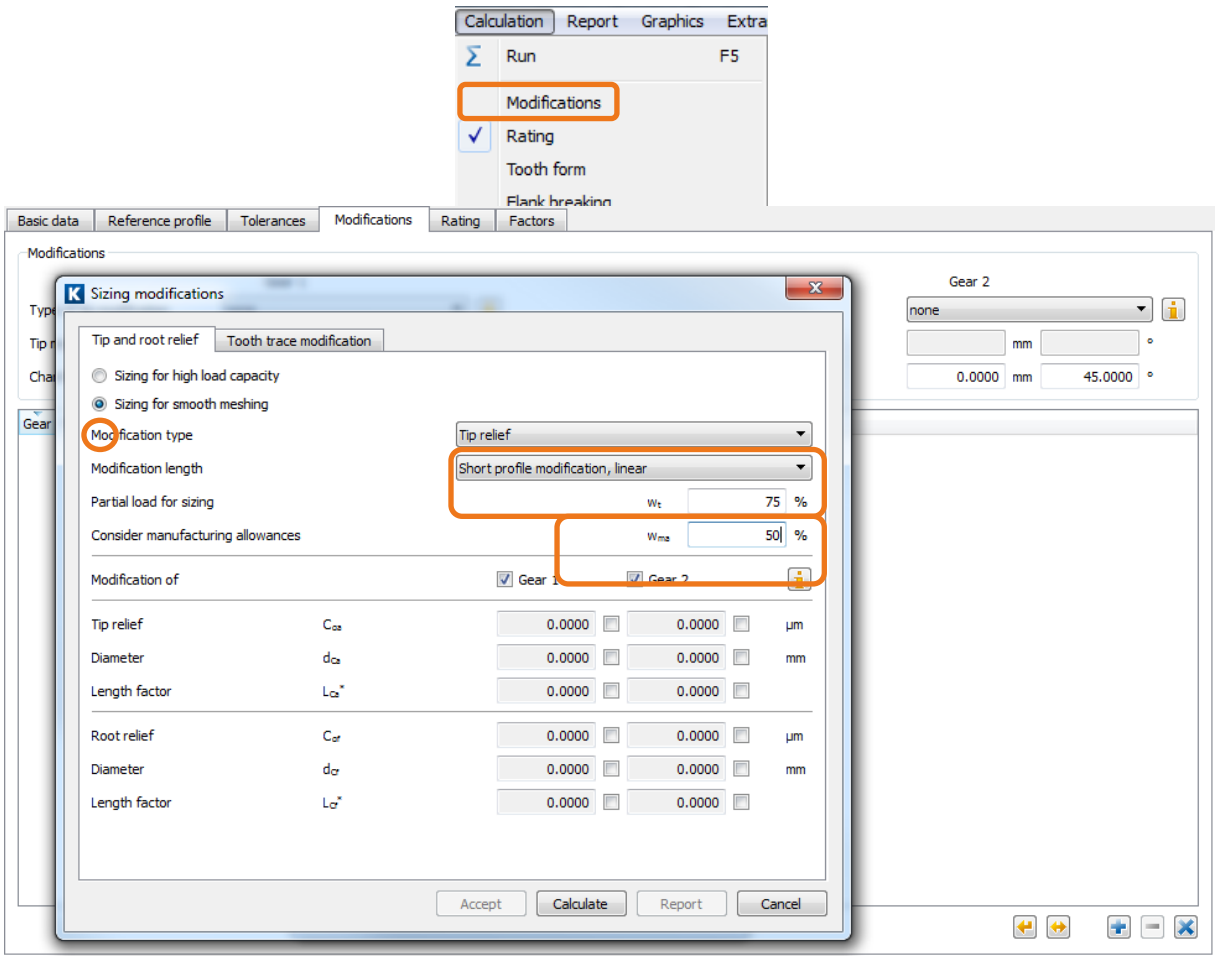



图 27. 启动齿廓修形界面，在 75%额定负载等的情况下齿顶修形选型

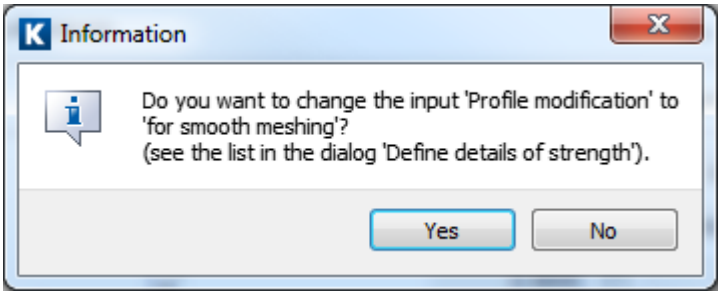



图 28. 点击[Accept] 按钮之后的信息提示

| Gear | Flank | Type of modification | Value [µm] | Factor 1 | Factor 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gear 1 | both | Tip relief, linear | 50.0000 | 0.9695 | |
| Gear 2 | both | Tip relief, linear | 50.0000 | 0.9695 | |

图 29. 输入修形参数

如果用户在圆柱齿轮副主界面再次点击**"Calculation 计算"**（或按 F5），系统会根据额定负载计算校核强度安全系数。用户注意这些现在系数比之前高。可用图 25 和图 30 来比较这些值。

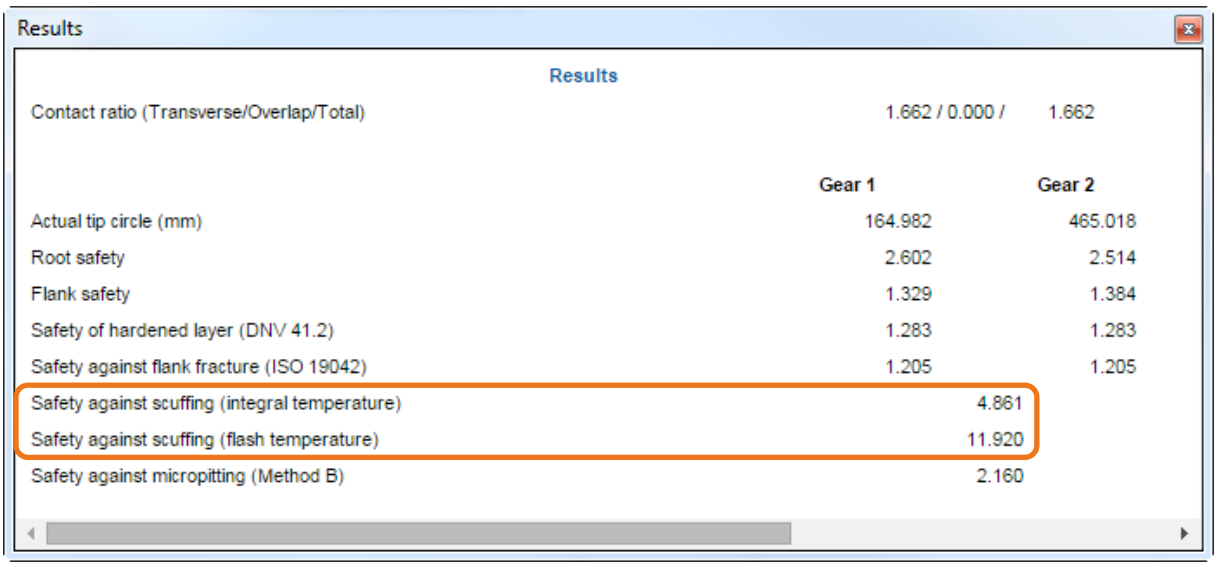



图 30. 胶合安全系数，积分温度法和闪温法的值

点击**"Graphics 图表"→"Evaluation 评估"→"Flash temperature 闪温"**，查看闪温曲线，可以发现在从齿顶到齿轮本体的闪温降低了。

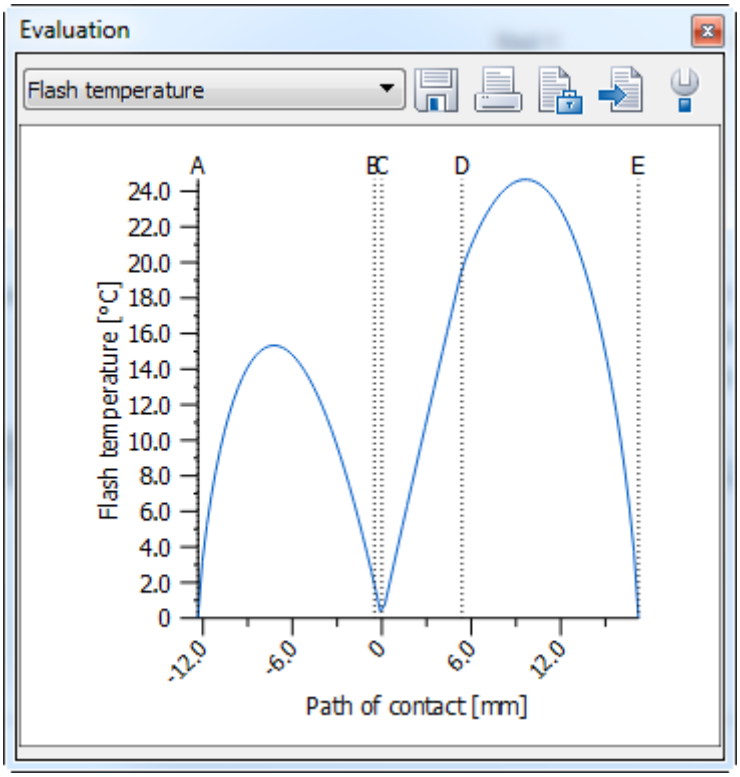



图 31. 齿顶修形后闪温曲线

## 5.2 必需的硬化层深度

为了评估有效硬化层深度，需要使用基于赫兹应力计算的剪切应力的高低来评价。点击**"Graphics 图表"→"Evaluation 评估"→"Hardening depth 硬化层深度"**来获得应力分布。KISSsoft 建议用户将硬化层深度扩大到最大剪切应力深度的二倍。如果齿轮在热处理/硬化之后需要磨齿，用户必须增加留磨量到推荐的硬化层深度上。

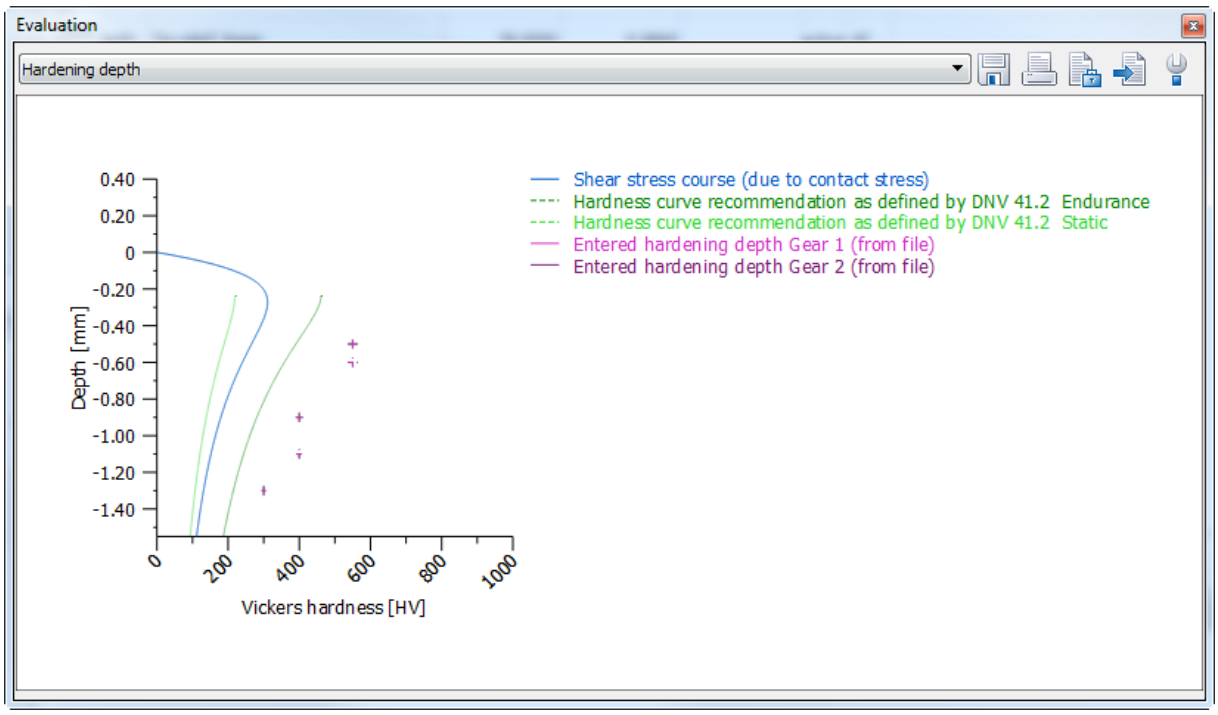



图 32. 在齿部的剪切应力和推荐的硬化层深度显示