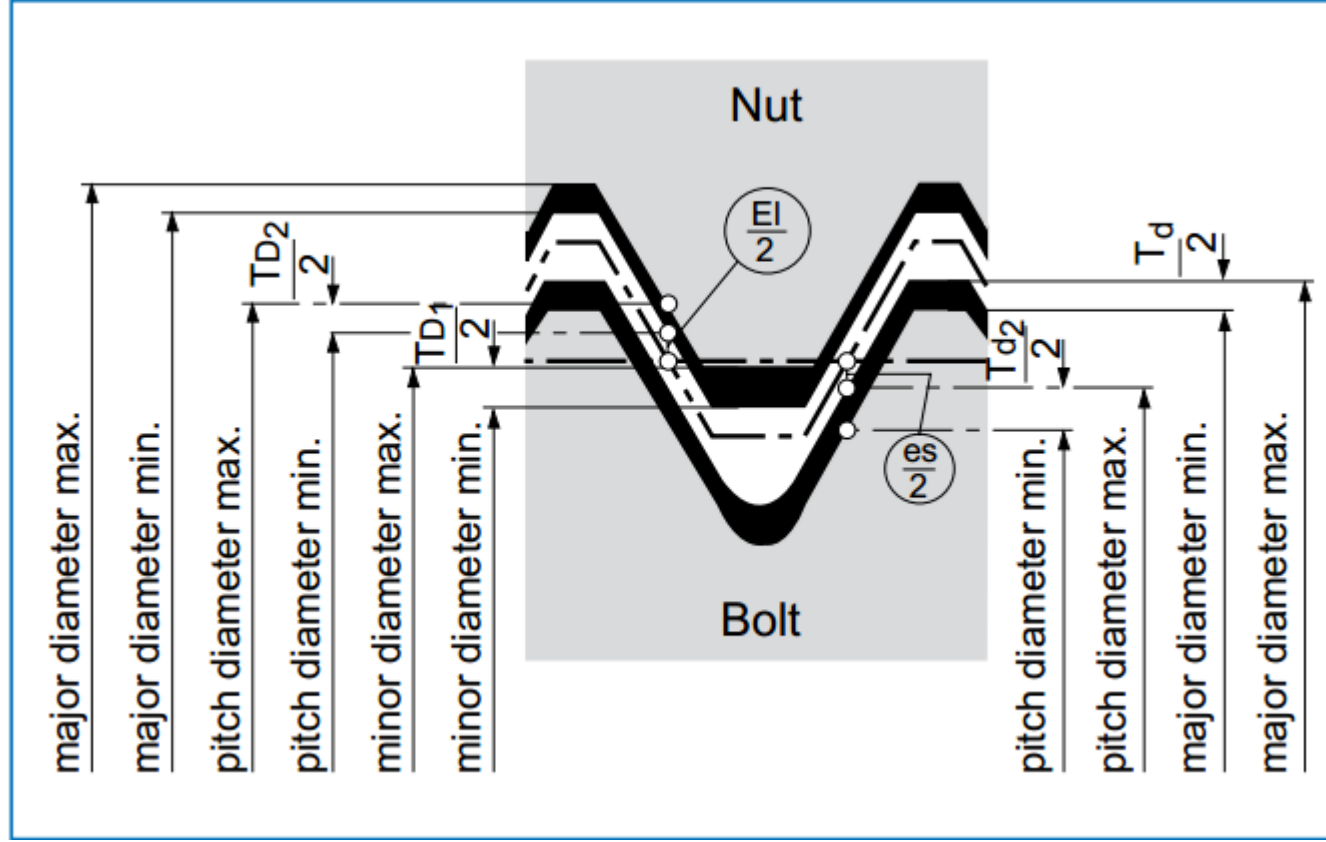


紧固件基础知识



8.8

Description system

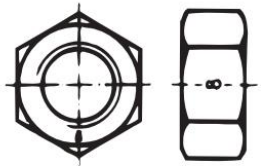
The most important mechanical characteristics regarding steelmade bolts are designated by means of a two-digit number combination, as per the following example:

The first figure indicates $1/100$ of the **minimum tensile strength** in N/mm² stress area.

Tensile strength $8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2$.

The second figure indicates the 10-fold relationship of the **yield stress** (R_{el} bzw. $R_{p0,2}$) to the nominal tensile strength R_m (yield point relationship).

Multiplication of the two figures results in $1/10$ of the yield stress in N/mm². Minimum yield stress $8 \times 8 \times 10 = 640 \text{ N/mm}^2$.



1. Nuts for bolted joints with full stress capacity

Minimum nut height = $0,8 d$ (d = nominal diameter)
For example DIN 555 and DIN 934

Marking/Identification: a figure, e.g.,
($8 = 1/100$ of the tensile strength in N/mm² –
| | = marking for DIN-nuts)

In a combination with bolts of grade 8.8, these nuts must endure full exploitation of the pre-load figures of elongation.

螺栓:

对于紧固件最重要的机械指标：强度等级，通常会由二位数字字符显示。

例： 8.8

- 第一位数字表示该紧固件最小抗拉强度不低于 $8 \times 100 = 800 \text{ N/mm}^2$
- 第二位数字表示最小屈服强度 ($R_{p0.2}$) 不低于抗拉强度的 80%。

$$8 \times 8 \times 10 = 640 \text{ N/mm}^2$$

螺母:

- 螺母最小高度 = $0.8d$ (d = 螺栓标称直径)

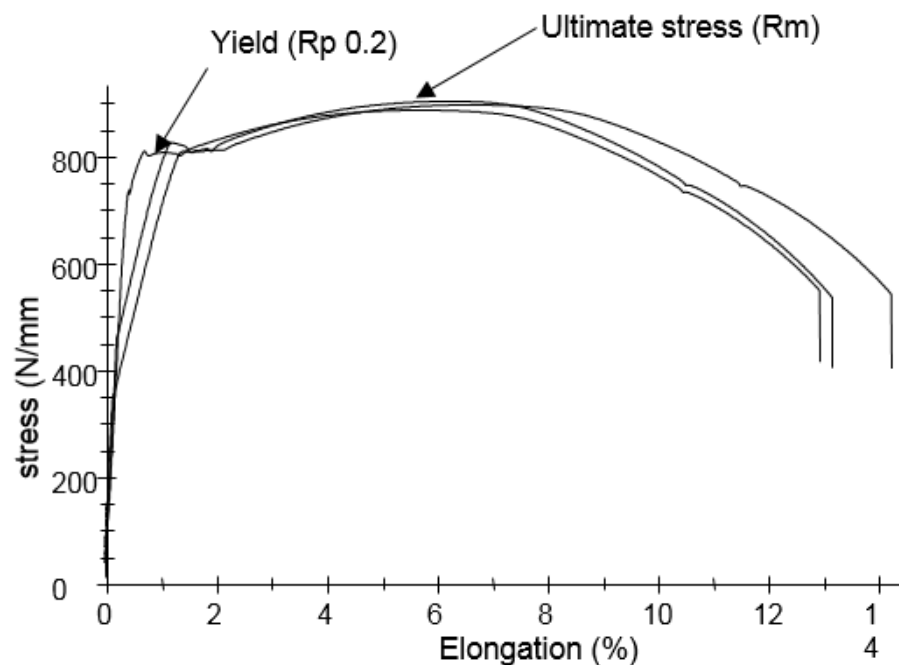
例：“8” 标识的螺母等级， (“| |” 表示满足 DIN 制造标准)

- 与 8.8 级螺纹紧固件配合试验时，必须满足预载力/应变拉伸试验。

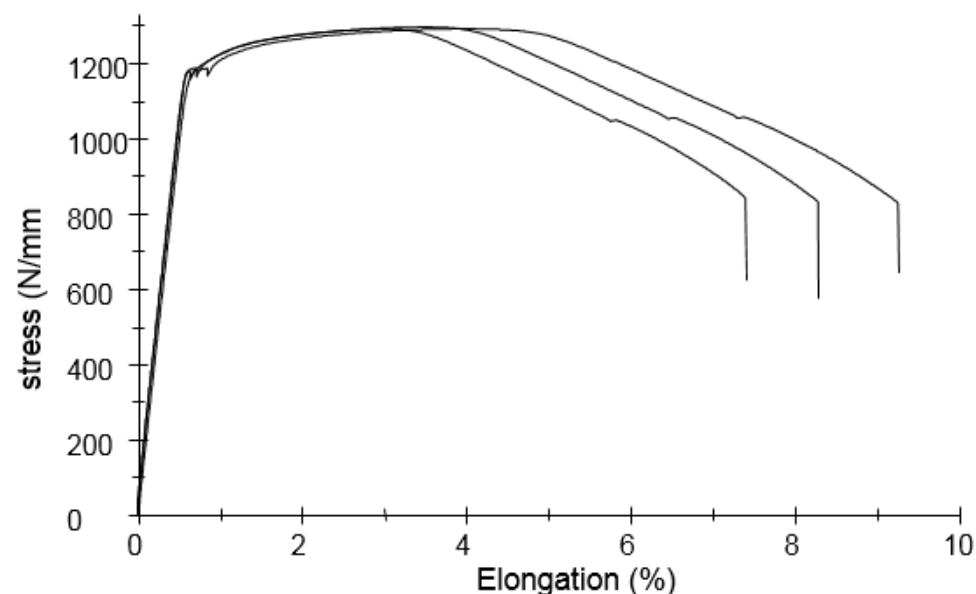
ISO- nut
acc. ISO 898-2:
8

Fig. 1 : 螺栓螺母标识

在这里我们主要讨论高强度等级的螺纹紧固件，其中包含 8.8，10.9 和 12.9 级。



stress-elongation-diagram for bolts
M 12 – class 8.8

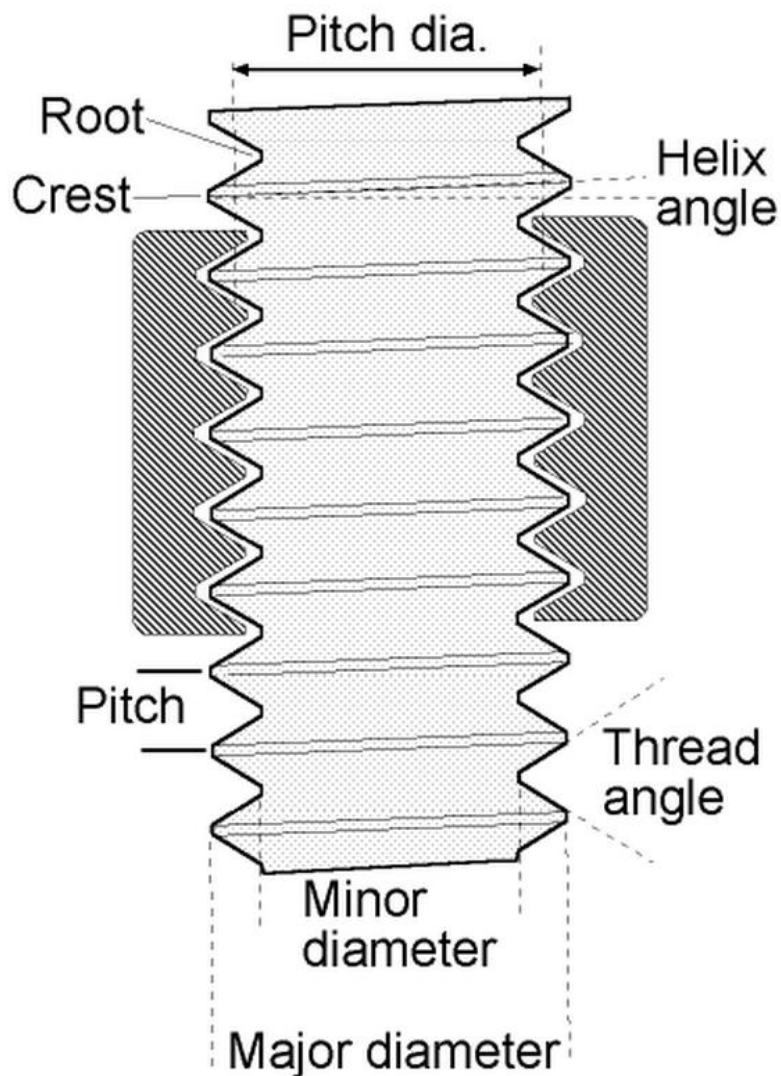


stress-elongation-diagram for bolts
M 12 – class 12.9

M 12 – 8.8 级与12.9级 强度以及应变曲线

这里我们标注最小允许值，通常在测试过程中实际强度会高于该值。

螺纹相关术语：



- 螺纹公称直径
- 螺纹公称应力截面积的等效直径
- 螺纹中径
- 螺距
- 螺纹升角
- 螺纹牙型角

1、大径 d 、 D ：最大直径—公称直径

2、小径 d_1 、 D_1 ：外螺纹的危险剖面直径
——强度直径

3、中径 d_2 、 D_2 ：假想直径，牙型沟槽宽
与牙的宽度相等 ——计算直径

4、螺距 P ：相邻两牙轴向距离

5、导程 S ：同一条螺纹线的相邻两牙间的
轴向距离， $S = nP$

6、升角 ϕ ：螺纹与其轴线的垂直平面所成的夹角

7、牙型角 α ：螺纹两侧边的夹角

——螺纹轴向平面内螺纹牙型两侧边的夹角。如矩形螺纹的牙型角 $\alpha=0^\circ$ ，三角形螺纹的牙型角 $\alpha=60^\circ$ ，梯形螺纹的牙型角 $\alpha=30^\circ$ 。

Fig 3 : 有关螺纹的重要术语

Mechanical Characteristics	Property class			
	8.8		10.9	12.9
	d ≤ 16 mm	d > 16 mm		
Tensile strength $R_{m-nom.}$ [N/mm ²]	800	800	1000	1200
Tensile strength R_{m-min} [N/mm ²]	800	830	1040	1220
0.2% yield strength $R_{p0.2-nom.}$ [N/mm ²]	640	640	900	1080
0.2% yield strength $R_{p0.2-min.}$ [N/mm ²]	640	660	940	1100
Stress under proof load - S_p [N/mm ²]	580	600	830	970

Table 5 : ISO 898-1 保证载荷定义

螺纹公差

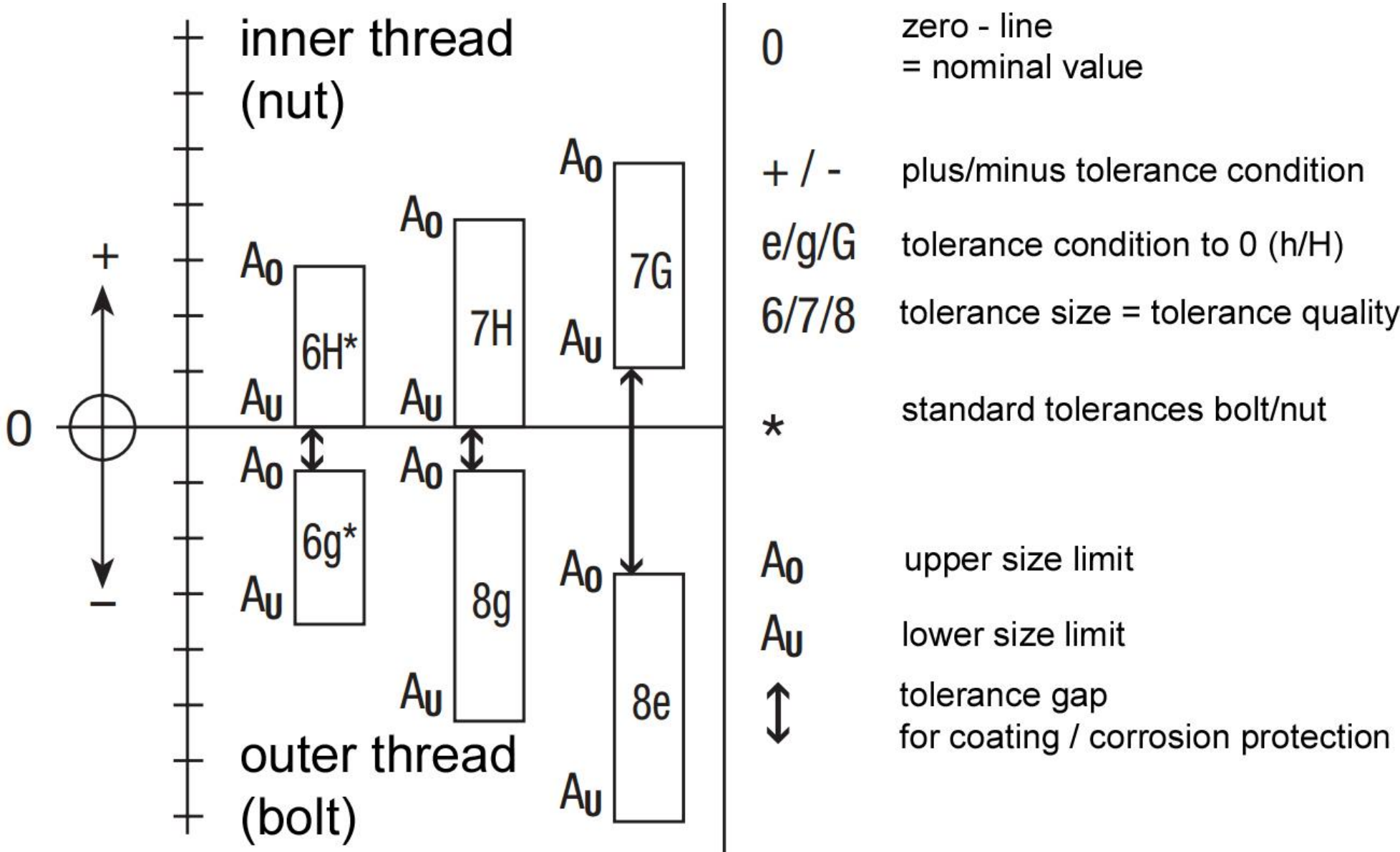


Fig. 13 : 螺栓以及螺母的公差

最大涂层厚度与螺纹通规

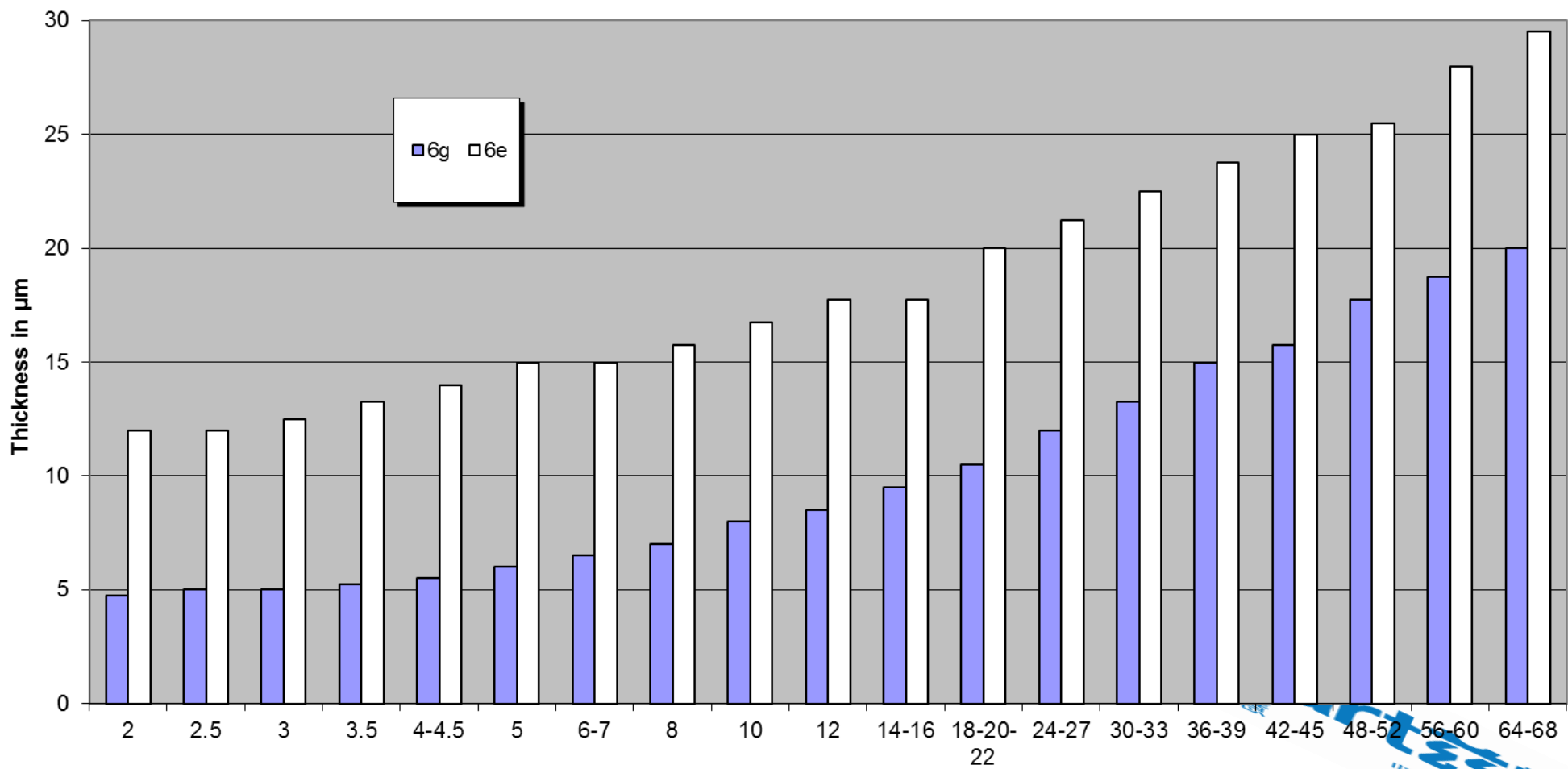


Fig. 14 :最大涂层厚度与螺纹通规 6g 与 6e

涂层（镀层）厚度

螺纹副的尺寸越小，涂层（镀层）的厚度越低，那么螺纹副的应力就越集中，装配时的冲击与破坏也越大。

越是厚的涂层（镀层），越大的法兰面，那么在装配时螺纹副的扭矩也会相应的增大。

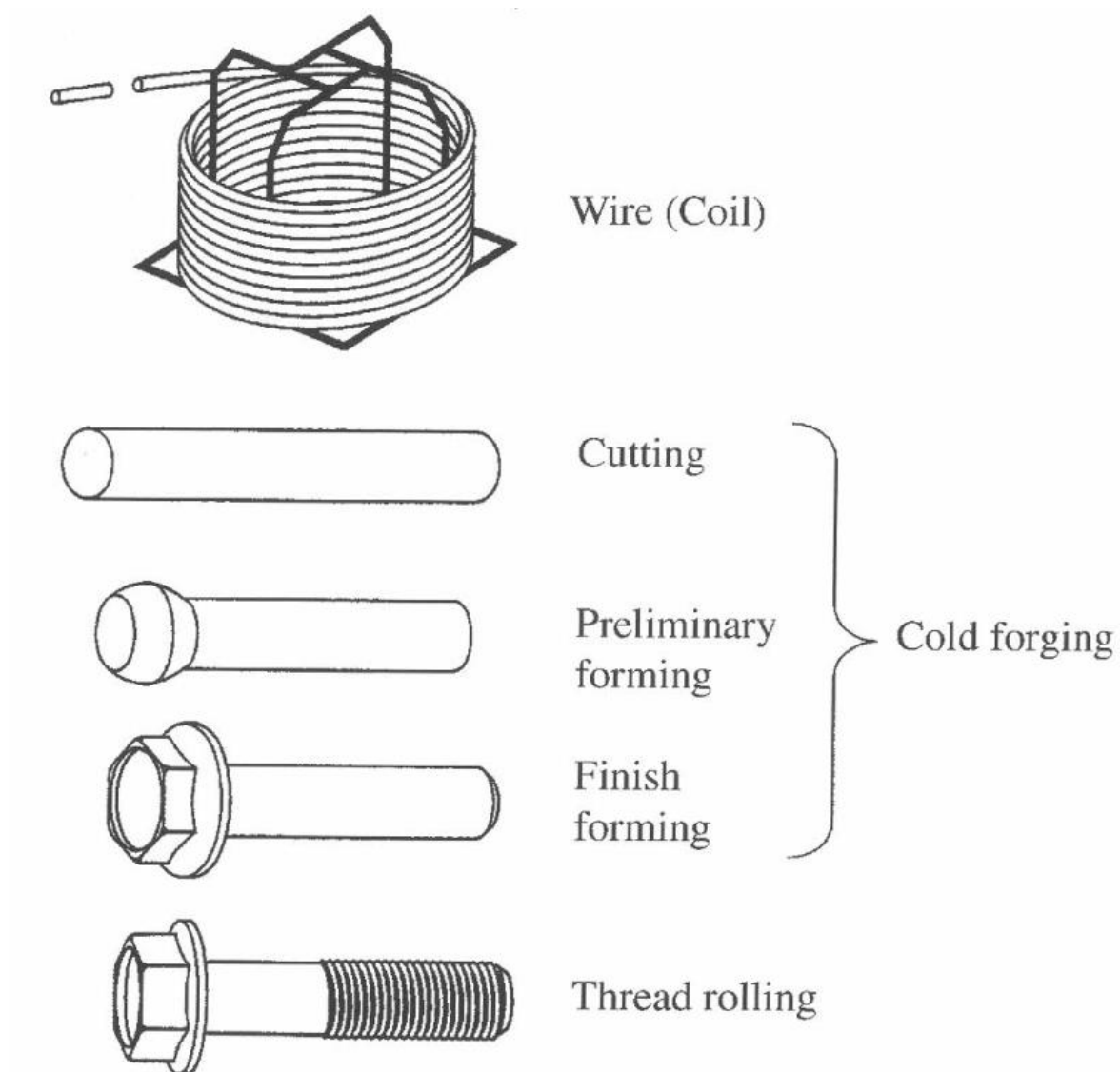
摩擦系数：

为了满足现代汽车工业日益苛刻的要求，为了更好的控制摩擦系数，许多螺栓在完成表面处理后会增加一道面涂的工序，通常称之为摩擦系数稳定剂。

在塑料（高分子）表面进行拧紧时，我们必须谨慎的使用润滑措施。（需要考虑螺纹副扭矩）

在金属表面进行拧紧时，表面处理就变得非常重要（降低摩擦系数），但同时我们需要注意的是，在降低了摩擦系数以后，同样的装配条件下螺纹副扭矩就会更高！

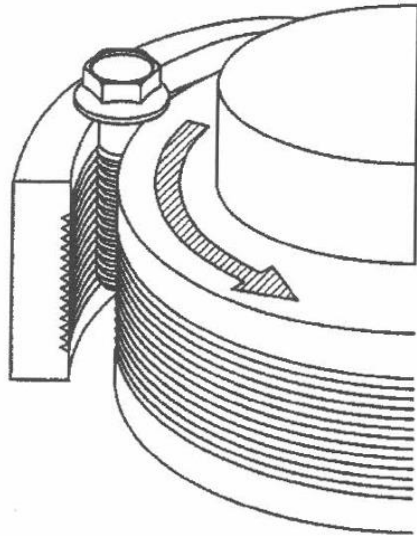
螺栓与螺母的制造



- 线材（原材料）
- 切割
- 预成型（冷锻）
- 终成型（冷锻）
- 滚牙

Fig. 15 : 螺纹紧固件制造的几个步骤

Thread rolling method



Rotary rolling

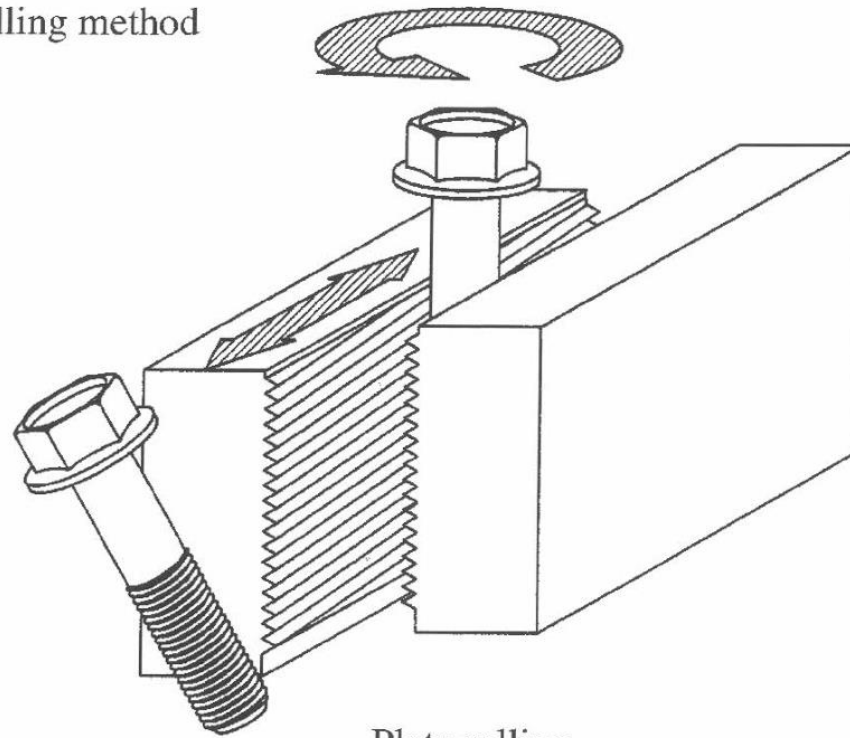


Plate rolling

Fig. 16 : 搓丝板示意图

不同材料的特性:

- 拉伸强度
- 最大表面压力
- 弹性模量
- 0.2% 屈服应力
- 热膨胀系数

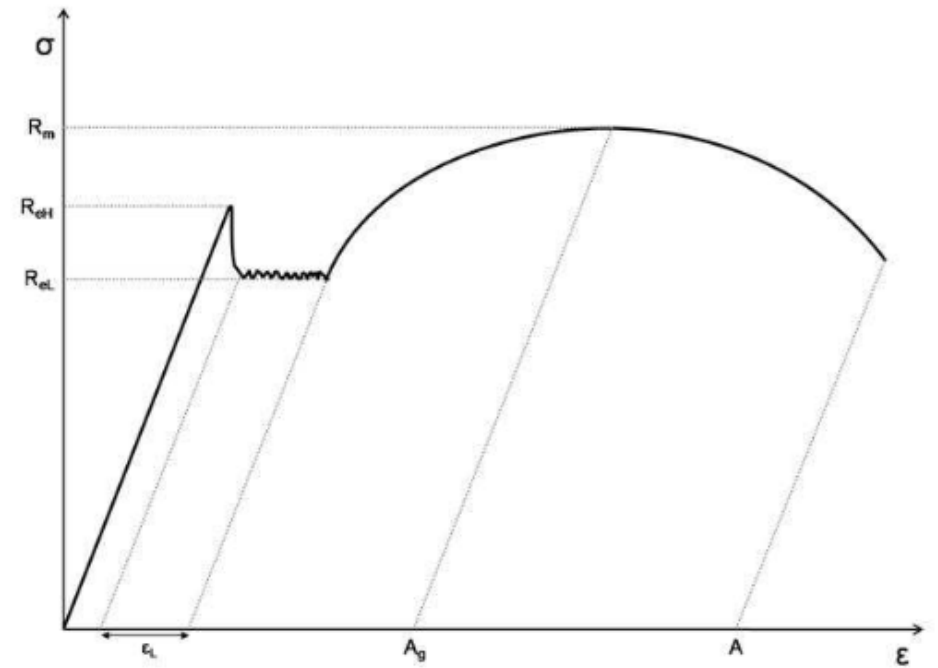


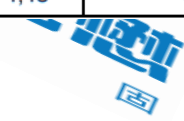
Diagram 5 : Tensile test 2

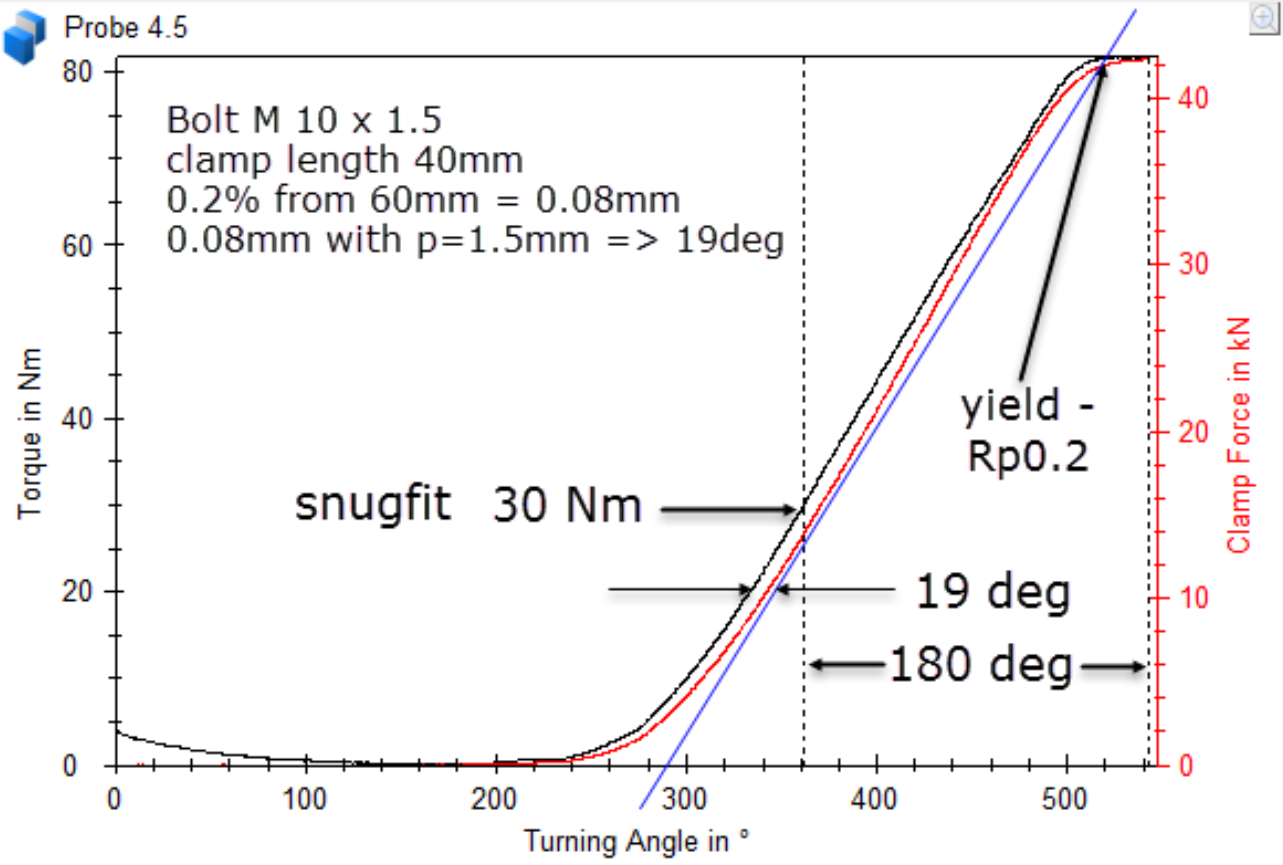
Werkstoff- gruppe Material group	Werkstoff- kurzname Material symbol	Werkstoff- nummer Material number	Zugfestigkeit Tensile strength $R_{m\ min}$ N/mm ²
Unlegierte Baustähle Plain structural steels	USt 37-2	1.0036	340
	St 50-2	1.0050	470
Niedriglegierte Vergütungsstähle Low-alloy tempering steels	Cq 45	1.1192	700
	34 CrNiMo 6	1.6582	1200
	38 MnSi-V5 5-BY	–	900
	16 MnCr 5	1.7131	1000
Sintermetalle Sintered metals	SINT-D30	–	510
Austenitische CrNi-Stähle Austenitic CrNi steels	X5 CrNi 18 12	1.4303	500
	X5 CrNiMo 17 12 2	1.4401	510
	X5 NiCrTi 26 15	1.4980	960
Gusseisen Cast iron	GJL-250	0.6020	250
	GJL-260 Cr	–	260
	GJS-400	0.7040	400
	GJS-500	0.7050	500
	GJS-600	0.7060	600
Aluminium-Knetlegierungen Wrought aluminum alloys	AlMgSi 1 F31	3.2315.62	290
	AlMgSi 1 F28	3.2315.61	260
	AlMg4,5Mn F27	3.3547.08	260
Aluminium-Gusslegierungen Cast aluminum alloys	GK-ALSi9Cu3	3.2163.02	180
	GD-ALSi9Cu3	3.2163.05	240
	GK-ALSi7Mg wa	3.2371.62	250
Magnesiumlegierungen Magnesium alloys	GD-AZ 91 (MgAl9Zn1)		200
	GK-AZ 91-T4		240
Titanlegierung/Titanium alloy	TiAl6V4	3.7165.10	890

Table 1 :
Material characteristics

Werkstoff- gruppe Material group	Werkstoff- kurzname Material symbol	Werkstoff- nummer Material number	Zugfestigkeit Tensile strength $R_{m\min}$ N/mm ²	0,2 %-Dehn- grenze 0,2 % proof stress $R_{p0,2\min}$ N/mm ²	Scherfestig- keit Shearing strength $\tau_{B\min}$ N/mm ²	Grenzflächen- pression ¹⁾ Limiting sur- face pressure ¹⁾ p_G MPa	E-Modul Young's modulus E N/mm ²	Dichte Density ρ kg/dm ³	Therm. Ausdehn- ungskoeffizient Coefficient of thermal expansion für/for 20 °C/100 °C α_T 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Unlegierte Baustähle Plain structural steels	UST 37-2 St 50-2	1.0036 1.0050	340 470	230 290	200 280	490 710	205 000	7,85	11,1
Niedriglegierte Vergütungsstähle Low-alloy tempering steels	Cq 45 34 CrNiMo 6 38 MnSi-V5 5-BY 16 MnCr 5	1.1192 1.6582 - 1.7131	700 1200 900 1000	500 1000 600 850	460 720 580 650	630 1080 810 900	205 000	7,85	11,1
Sintermetalle Sintered metals	SINT-D30	-	510	370	300	450	130 000	7	12
Austenitische CrNi-Stähle Austenitic CrNi steels	X5 CrNi 18 12 X5 CrNiMo 17 12 2 X5 NiCrTi 26 15	1.4303 1.4401 1.4980	500 510 960	185 205 660	400 410 670	630 460 860	200 000	7,90	16,5
Gusseisen Cast iron	GJL-250 GJL-260 Cr GJS-400 GJS-500 GJS-600	0.6020 - 0.7040 0.7050 0.7060	250 260 400 500 600	- - 250 320 370	290 290 360 450 540	850 ²⁾ 600 600 ²⁾ 750 ²⁾ 900 ²⁾	110 000 110 000 169 000 169 000 174 000	7,20	10,0
Aluminium-Knetlegierungen Wrought aluminum alloys	AlMgSi 1 F31 AlMgSi 1 F28 AlMg4,5Mn F27	3.2315.62 3.2315.61 3.3547.08	290 260 260	250 200 110	170 150 150	260 230 230	75 000	2,70 2,70 2,66	23,4 23,4 23,7
Aluminium-Gusslegierungen Cast aluminum alloys	GK-ALSi9Cu3 GD-ALSi9Cu3 GK-ALSi7Mg wa	3.2163.02 3.2163.05 3.2371.62	180 240 250	110 140 200	110 140 150	220 290 380	75 000 75 000 73 000	2,75 2,75 2,65	21,0 21,0 22,0
Magnesiumlegierungen Magnesium alloys	GD-AZ 91 (MgAl9Zn1) GK-AZ 91-T4		200 240	150 120	130 160	180 210	45 000	1,80	27,0
Titanlegierung/Titanium alloy	TiAl6V4	3.7165.10	890	820	600	890	110 000	4,43	8,6

Table 2 : Material characteristics





Hi
Lo Hi

Diagram 6 : Bolt assembling – Angle Control

上图中，我们使用角度控制，30Nm + 180°拧紧M10的螺栓
黑色曲线显示总扭矩
红色曲线显示夹紧力



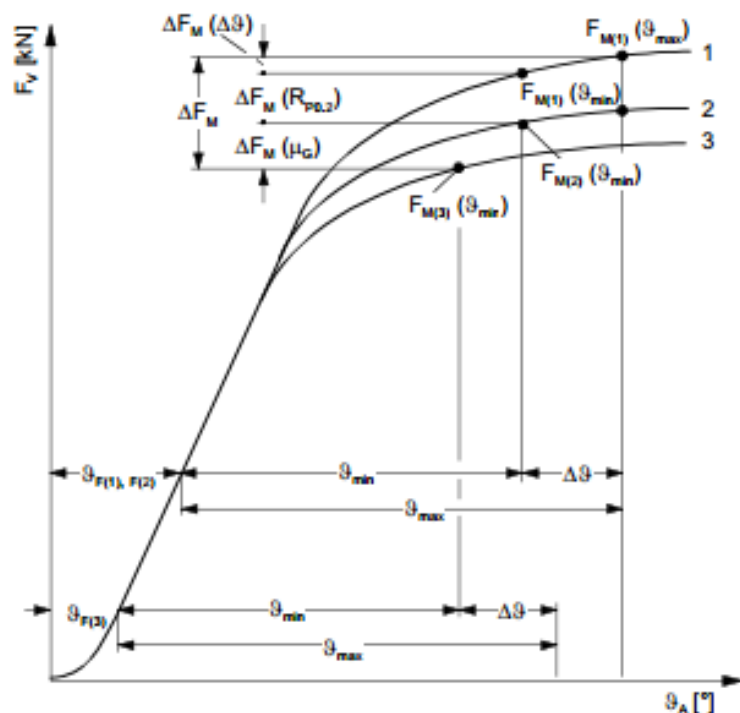


Diagram 7 : Changing of clamp force by starting angle

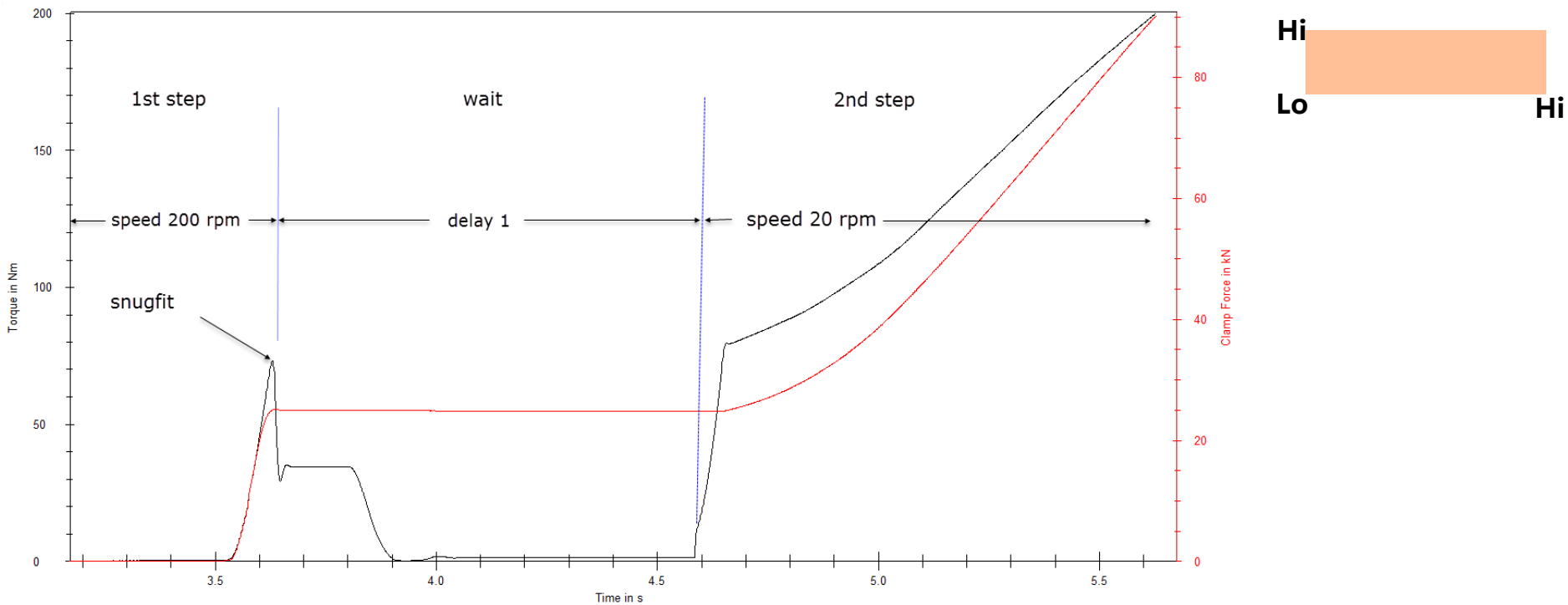
角度控制拧紧方法的优点:

- 和扭矩控制拧紧法相比，夹紧力的散差小；
- 如果螺栓有足够长的变形长度，可以依照所需的最小夹紧力值来选择目标夹紧力。不会发生螺栓的过载现象

螺栓得到了充分的应用，属于超弹性拧紧；

角度控制拧紧方法的缺点:

- 不是对所有螺栓适用：尤其对于短螺栓以及短自由螺纹的螺栓不适用；
- 会造成被连接件表面的高压力，大的螺栓拧入长度以及大的旋转角度，在选择螺栓材料、螺栓头尺寸和镀层及润滑时，必须要考虑到这些情况；



t/Ang

扭矩控制拧紧

应用最广泛的拧紧方法；

上图中显示了，在第一步拧紧中，使用目标扭矩的10%~30%作为切断值，这一阶段使用高转速来达到螺栓的贴合，节约拧紧的时间；然后经过短时间的暂停后（如0.5s），拧紧轴以一个小的转速（如20rpm）来拧紧直至目标扭矩；

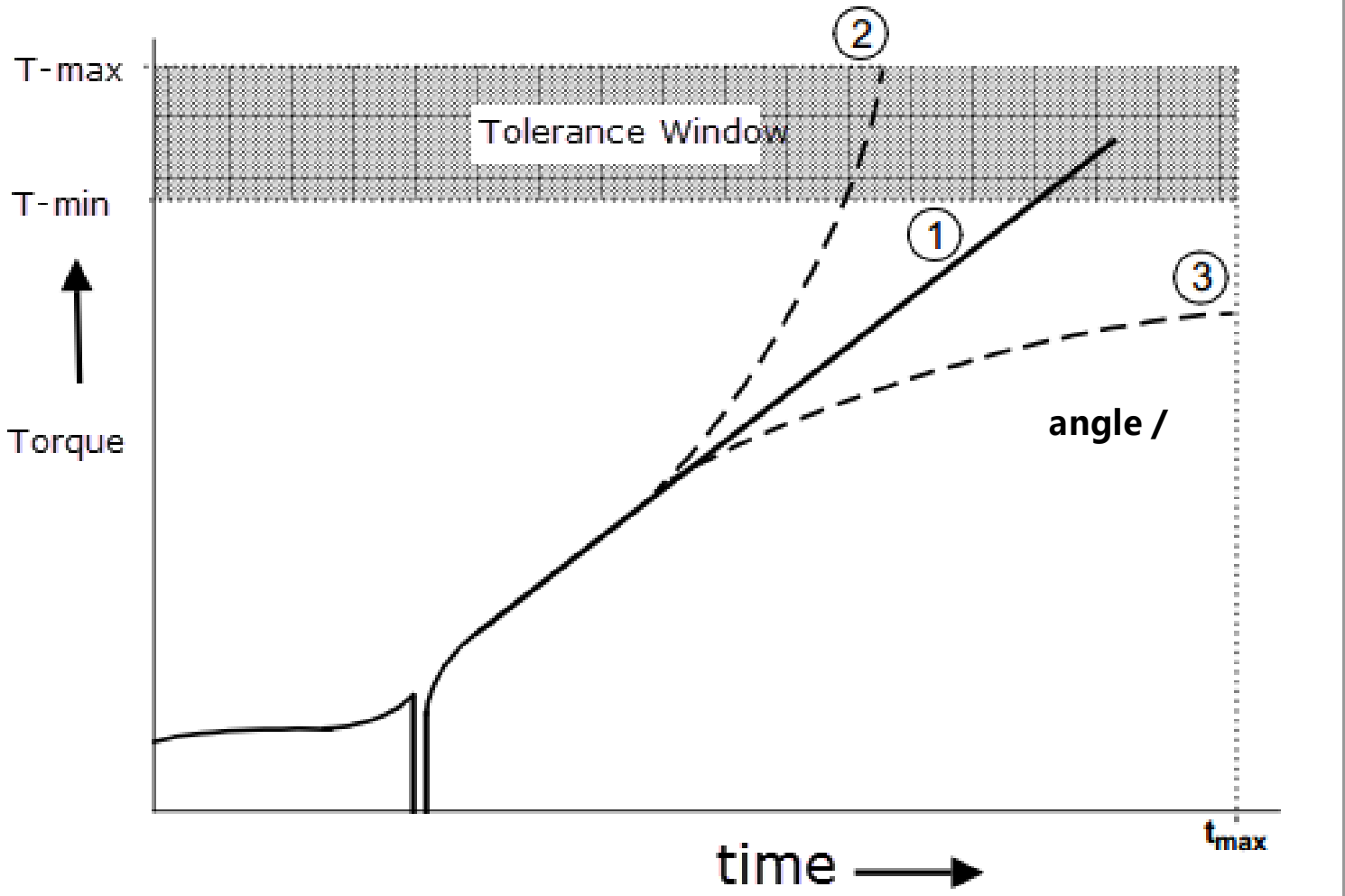


Diagram 9 : Bolt assembling – Torque Control



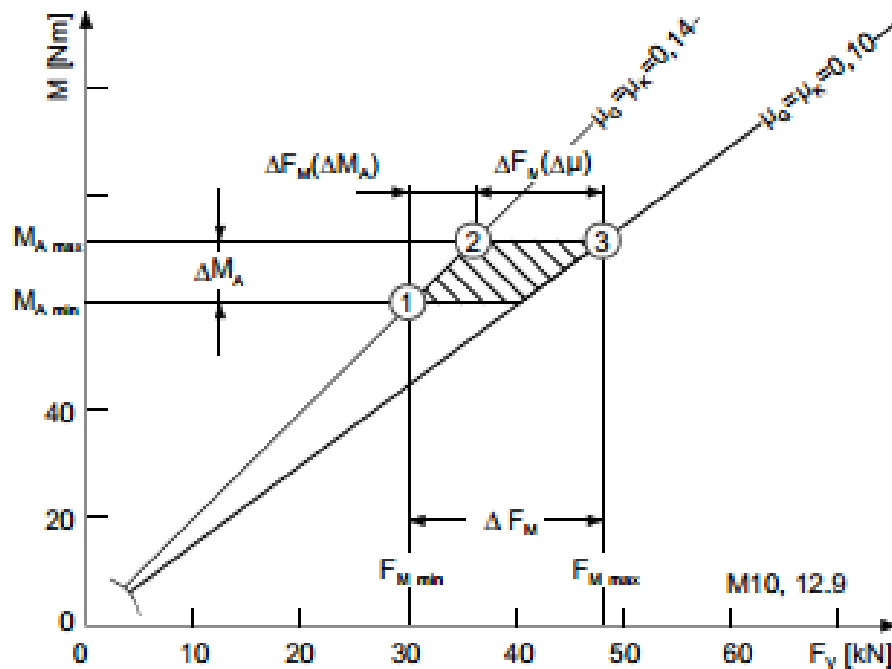


Diagram 10 : Clamp force scattering – friction influence

扭矩控制拧紧的优点：

- 易于实现；
- 扭矩易于被测量；因此可以使用简单的工具；

扭矩控制拧紧的缺点：

- 由于不同的摩擦系数和使用工具的各自特性，会导致夹紧力的散差较大；
- 螺栓必须在弹性范围内使用。

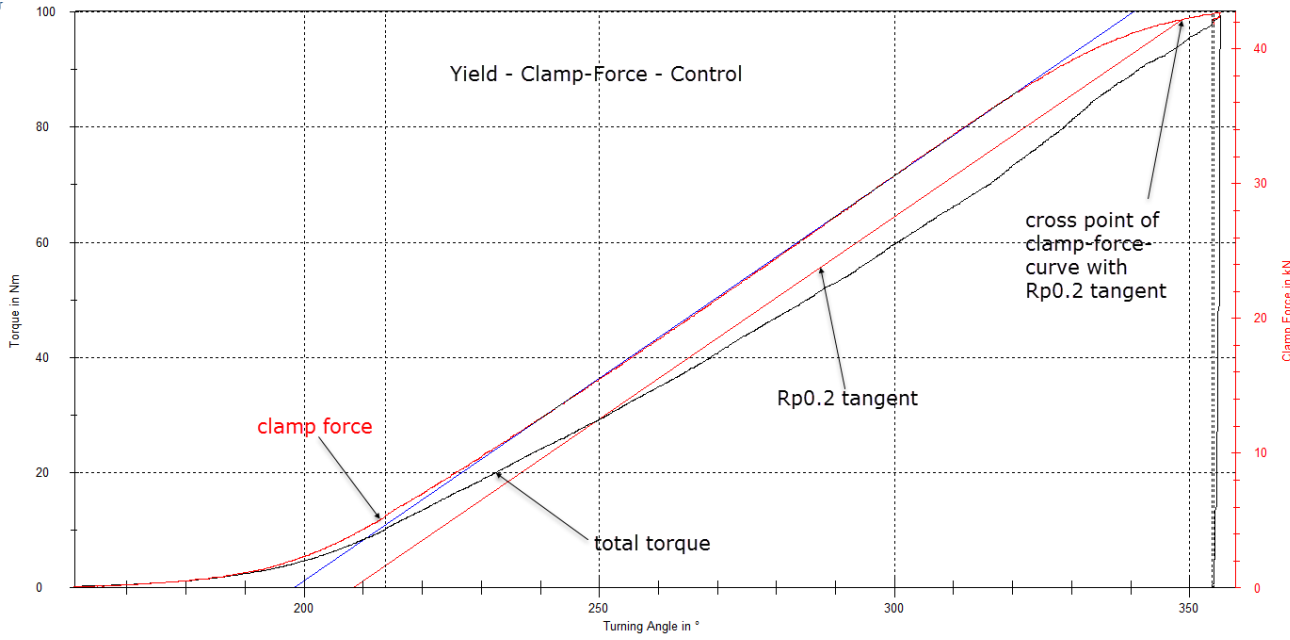


Diagram 11
屈服点控制，以 $R_{p0.2}$ 为限

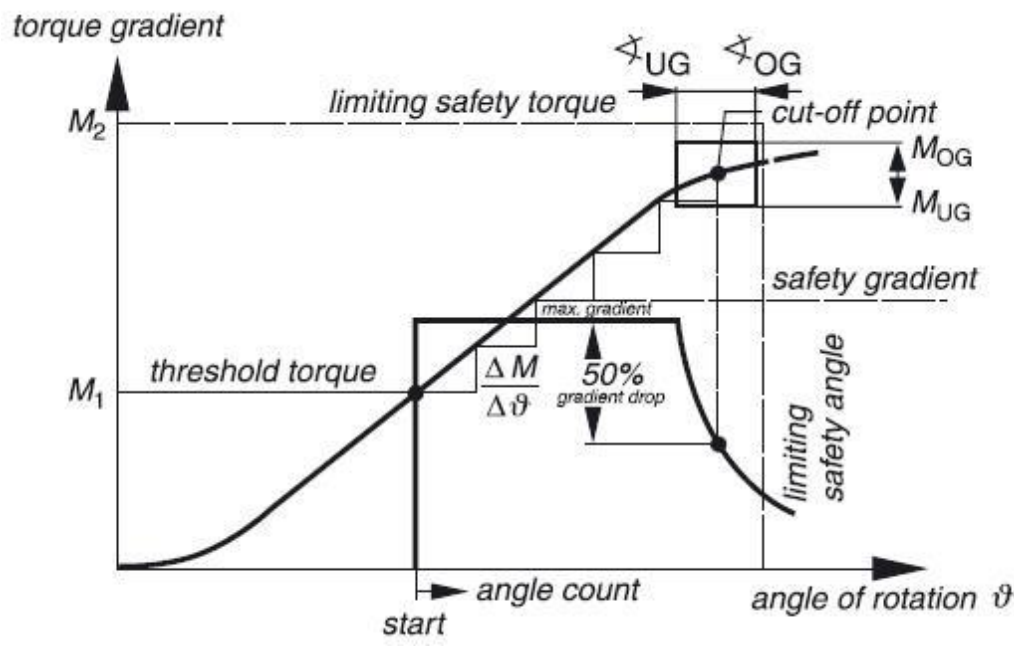


Diagram 12 : 屈服点拧紧控制方法

屈服点拧紧控制方法的优点：

装配后紧固件夹紧力的散差仅来自于：

- 螺栓强度等级的变化
- 螺纹摩擦系数的变化（支撑面的摩擦系数对于该夹紧力无影响）

和扭矩拧紧控制方法相比，螺栓摩擦系数对于夹紧力的影响要小的多；

不会发生螺栓的过载现象，会在材料极限之前就切断拧紧

即使螺栓的夹紧长度很短，也可以使用该方法；

螺栓仍然可以重复使用，因为限制在 $R_{p0.2}$ ，则意味着塑性变形仅仅有0.2%

可以充分利用螺栓的性能。

屈服点拧紧控制方法的缺点：

拧紧和测量系统成本高；

必须确保I螺栓是连接件中的最薄弱部件；否则就有可能导致被夹紧部件的损坏，而由于被夹紧部件损坏，同样会出现斜率下降的点，导致系统误判达到屈服；

在切断之前，扭矩转角曲线必须是直线，如果有任何的松弛，都会被误判为屈服而停机；在到达屈服之前，摩擦系数必须近似于恒定值；

摩擦系数计算公式

$$\mu\text{-total} = \frac{T / F - 0,159 \cdot p}{0,578 \cdot d_2 + D_b / 2}$$

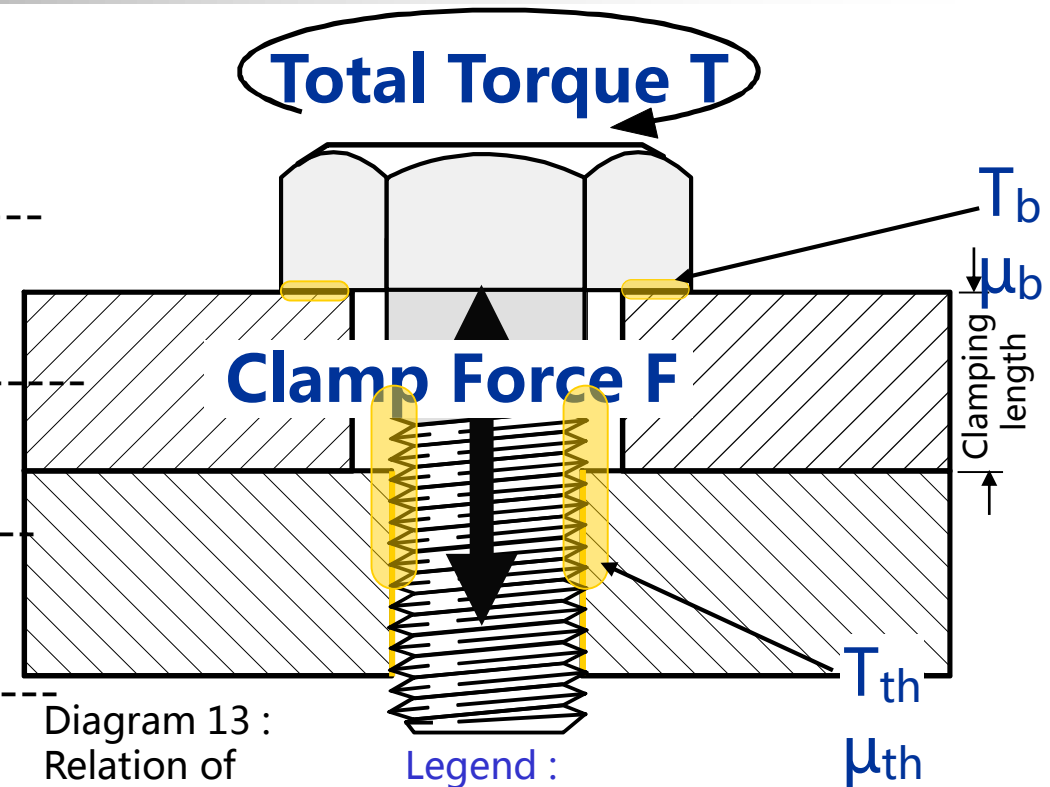
$$\mu\text{-thread} = \frac{T_{th} / F - 0,159 \cdot p}{0,578 \cdot d_2}$$

$$\mu\text{-bearing} = \frac{D_b \cdot F}{2 \cdot T_b}$$

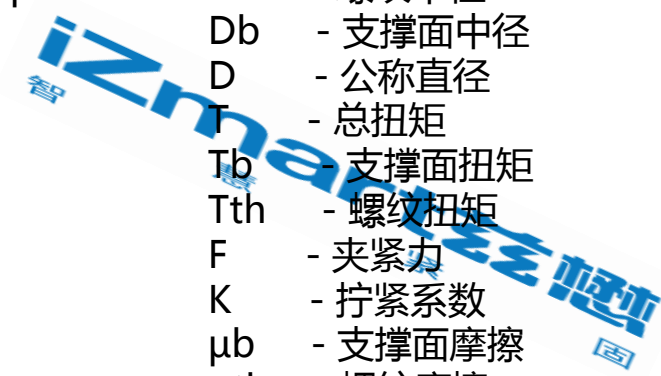
$$K = \frac{T}{F \cdot D}$$

例如：
M12的螺栓，100Nm拧紧：

$\mu = 0,08$: 夹紧力 = 71 kN
 $\mu = 0,14$: 夹紧力 = 44 kN (降低了38%)



- Legend :**
- p - 螺距
 - d₂ - 螺纹中径
 - D_b - 支撑面中径
 - D - 公称直径
 - T - 总扭矩
 - T_b - 支撑面扭矩
 - T_{th} - 螺纹扭矩
 - F - 夹紧力
 - K - 拧紧系数
 - μ_b - 支撑面摩擦
 - μ_{th} - 螺纹摩擦

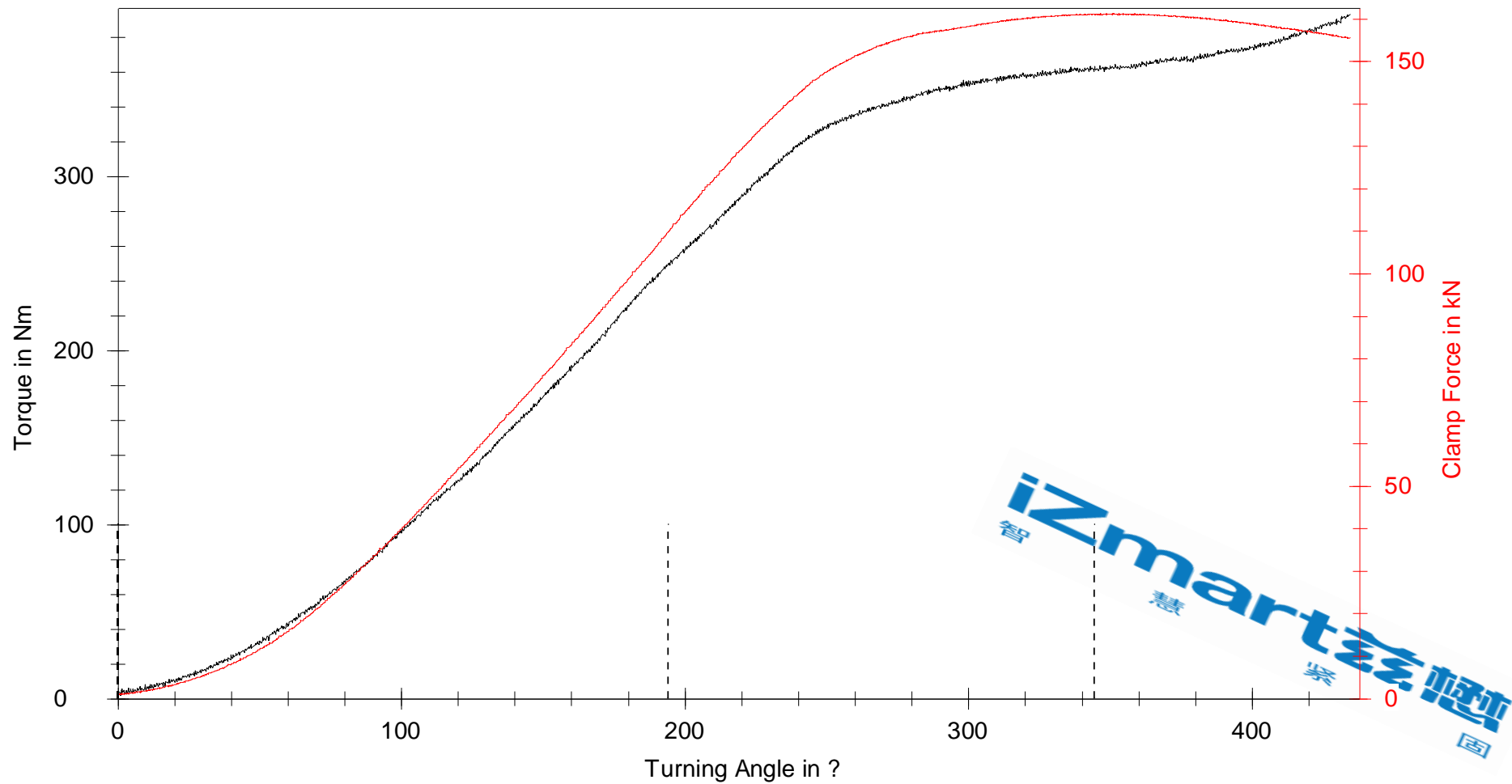


Thread ¹⁾	Nominal stress area A_s mm ²	Property class									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		Minimum ultimate tensile load ($A_s \cdot R_m$) in N									
M 3	5,03	1 660	2 010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M 3,5	6,78	2 240	2 710	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M 4	8,78	2 900	3 510	3 690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M 5	14,2	4 690	5 680	5 960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M 6	20,1	6 630	8 040	8 440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M 7	28,9	9 540	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M 8	36,6	12 100	14 600	15 400	18 300	19 000	22 000	29 200	32 900	38 100	44 600
M10	58,0	19 100	23 200	24 400	29 000	30 200	34 800	46 400	52 200	60 300	70 800
M12	84,3	27 800	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400 ²⁾	75 900	87 700	103 000
M14	115	38 000	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000 ²⁾	104 000	120 000	140 000
M16	157	51 800	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000 ²⁾	141 000	163 000	192 000
M18	192	63 400	76 800	80 600	96 000	99 800	115 000	159 000	—	200 000	234 000
M20	245	80 800	98 000	103 000	122 000	127 000	147 000	203 000	—	255 000	299 000
M22	303	100 000	121 000	127 000	152 000	158 000	182 000	252 000	—	315 000	370 000
M24	353	116 000	141 000	148 000	176 000	184 000	212 000	293 000	—	367 000	431 000
M27	459	152 000	184 000	193 000	230 000	239 000	275 000	381 000	—	477 000	560 000
M30	561	185 000	224 000	236 000	280 000	292 000	337 000	466 000	—	583 000	684 000
M33	694	229 000	278 000	292 000	347 000	361 000	416 000	576 000	—	722 000	847 000
M36	817	270 000	327 000	343 000	408 000	425 000	490 000	678 000	—	850 000	997 000
M39	976	322 000	390 000	410 000	488 000	508 000	586 000	810 000	—	1 020 000	1 200 000

Table 3 : Ultimate tensile load - bolts



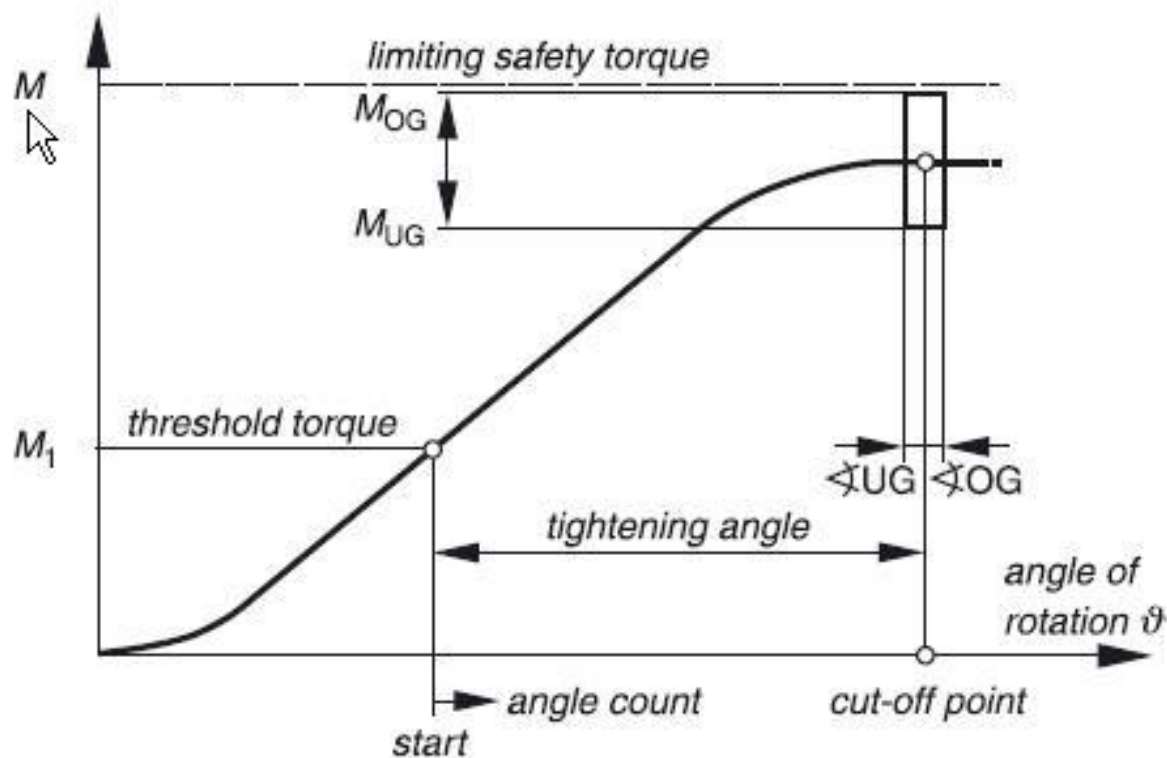
螺栓拧紧技术



角度控制拧紧：

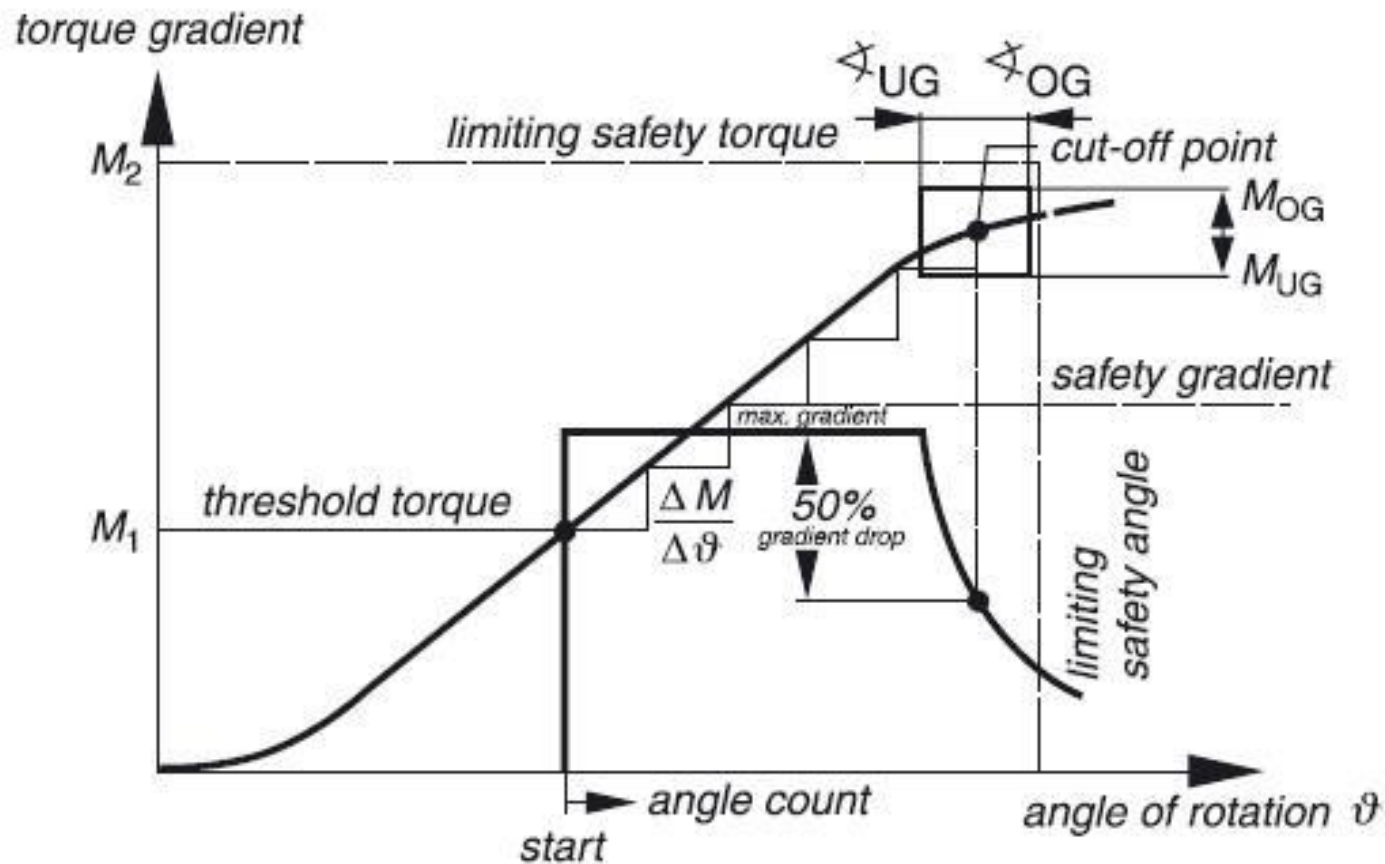
首先紧固件被加载到一个起始扭矩，确保装配部件完全贴合。然后转过一个确定的角度，这个角度是从起始扭矩值开始测量的。而且大多数角度控制拧紧工艺拧紧过紧固件的屈服点。

为了控制拧紧过程，要确定一个最终扭矩的公差范围(T-HI/LO)作为扭矩监控窗口。最终装配扭矩必须在这个范围内。和扭矩控制法相比，转角法的最大优点是在塑性变形区螺栓伸长通过给定的角度确定的。切断扭矩一般高于屈服扭矩。螺栓被使用到螺栓材料的极限。



屈服点控制：

与角度控制装配法相类似，首先拧紧到一个起始扭矩值用以确保被连接构件间没有间隙，并且扭矩曲线达到线性区域。从这一点开始，扭矩和角度被记录下来。拧紧曲线的梯度会被连续地计算。在弹性区域的最大梯度将被识别和记录。当拧紧曲线远离弹性区域（直线段），并且拧紧曲线梯度下降为记录最大值的一半的时候拧紧机停止拧紧。



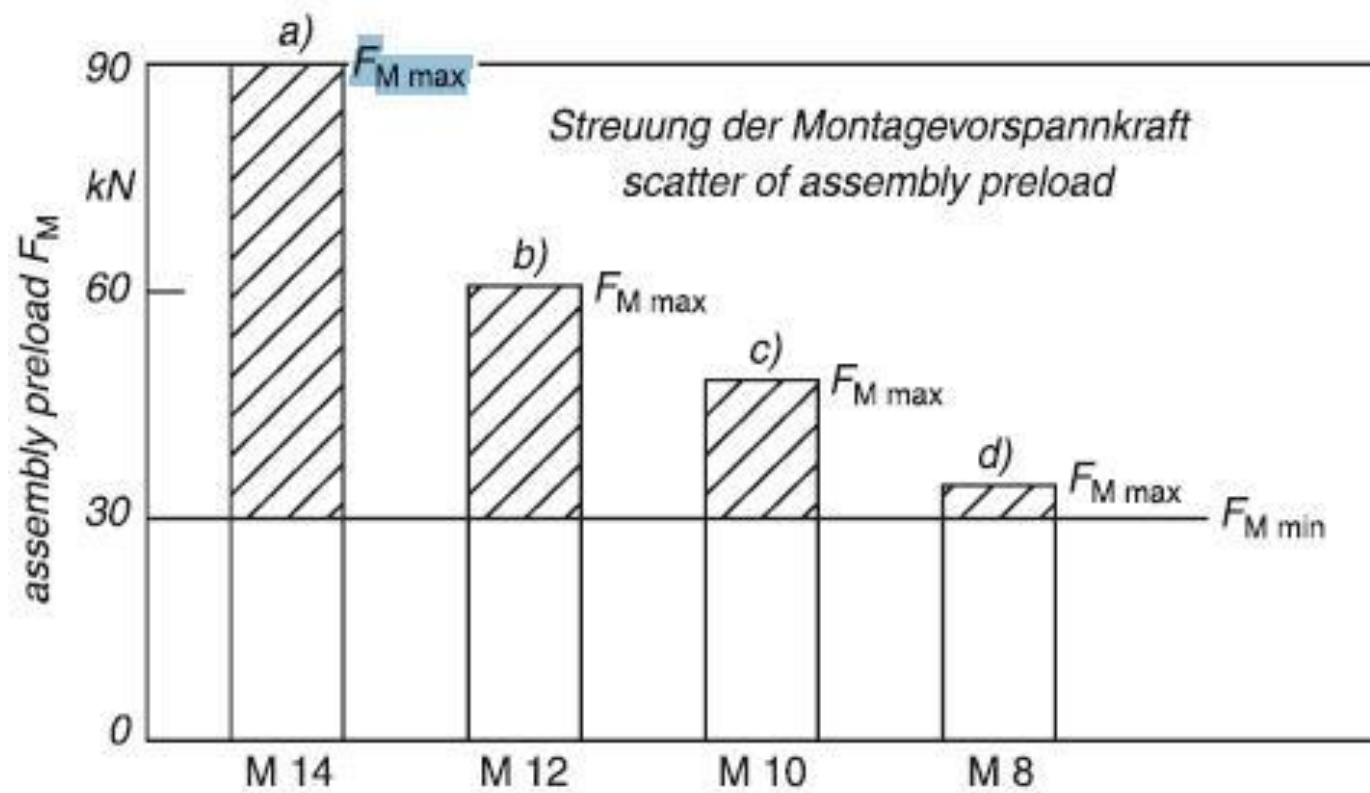
拧紧方法

现在的拧紧装配方法不能直接测量装配的预紧力，所以只能通过**拧紧扭矩**，**弹性伸长**，**拧紧角度**或**拧到螺栓屈服点**来实现装配预紧力。摩擦系数的变化和拧紧方法的不精确都会导致需要更大尺寸的紧固件。

我们通过拧紧因子 $\alpha_A = F_{vmax} / F_{vmin}$ 来描述。

Tightening process	Tightening factors α_3	Remarks
Yield point controlled, motorized or manual	1.18	
Angle of rotation controlled, motorized or manual	1.18	Snug torque (pre-tightening) and angle of rotation determined through experimentation
Elongation measurement of calibrated bolt	1.2	
Hydraulic tightening	1.2 to 1.6	Long bolts: lower values Short bolts: higher values Established through measurement of elongation length and applied pressure
Torque controlled, with torque wrench or precision screwdriver with dynamic torque control	1.4 to 1.6 1.6 to 1.8	Determination of required torque through measurement of F_M on the joint Nominal torque determined with the estimated friction coefficient of the particular case
Torque controlled, with mechanical screwdriver	1.7 to 2.5	Pre-setting of power screwdriver with post torque, which is established from the required torque plus post torque
Impulse controlled, with impact wrench	2.5 to 4	





- a) 冲击扳手
- b) 拧紧轴
- c) 高精度伺服拧紧机
- d) 屈服点控制拧紧轴

检查螺栓连接的方法



组装中和组装后

散差产生的原因

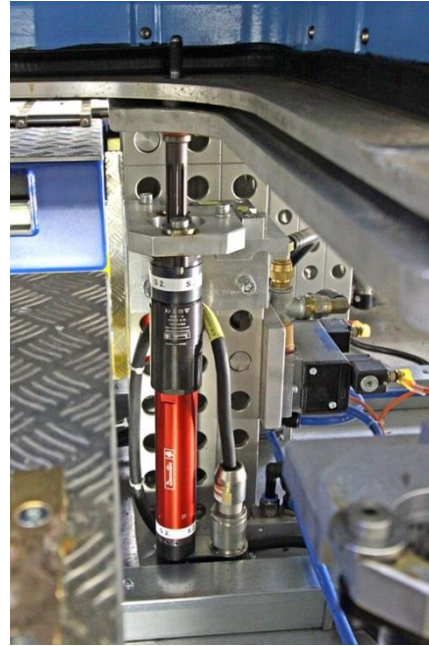
紧固工具的特性
(条件和类型)

装配程序

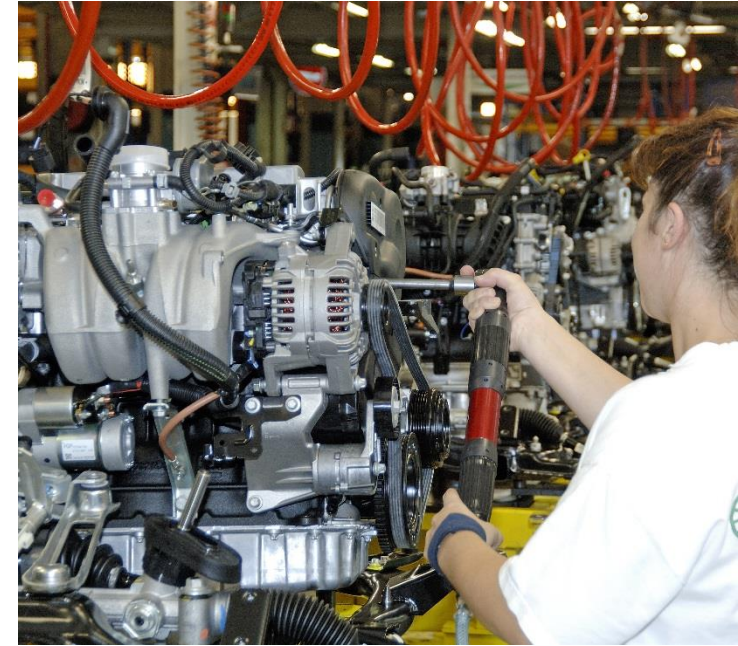
涂层和润滑条件和摩擦的影响

螺栓的一致性

被连接件



图片1:
自动组装



图片2:
手动组装

智 慧 紧 固
iZmart 兹想 固

主要问题:

螺纹连接是否在正确的状态?
装配扭矩目标是否达到?(最终扭矩值)

最常用的检查方式:

“复验扭矩法”或“复紧法”

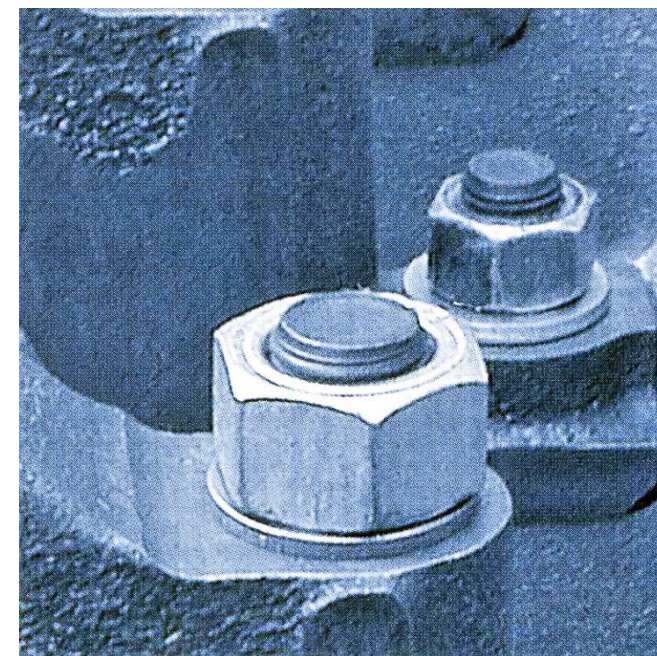
我们所要做的：

我们使用示值扭矩扳手,转动一个较小的角度值来进行检查。

其他要求：

拧紧旋转角的最大值应在10度左右。

为什么?



图片3：螺纹链接



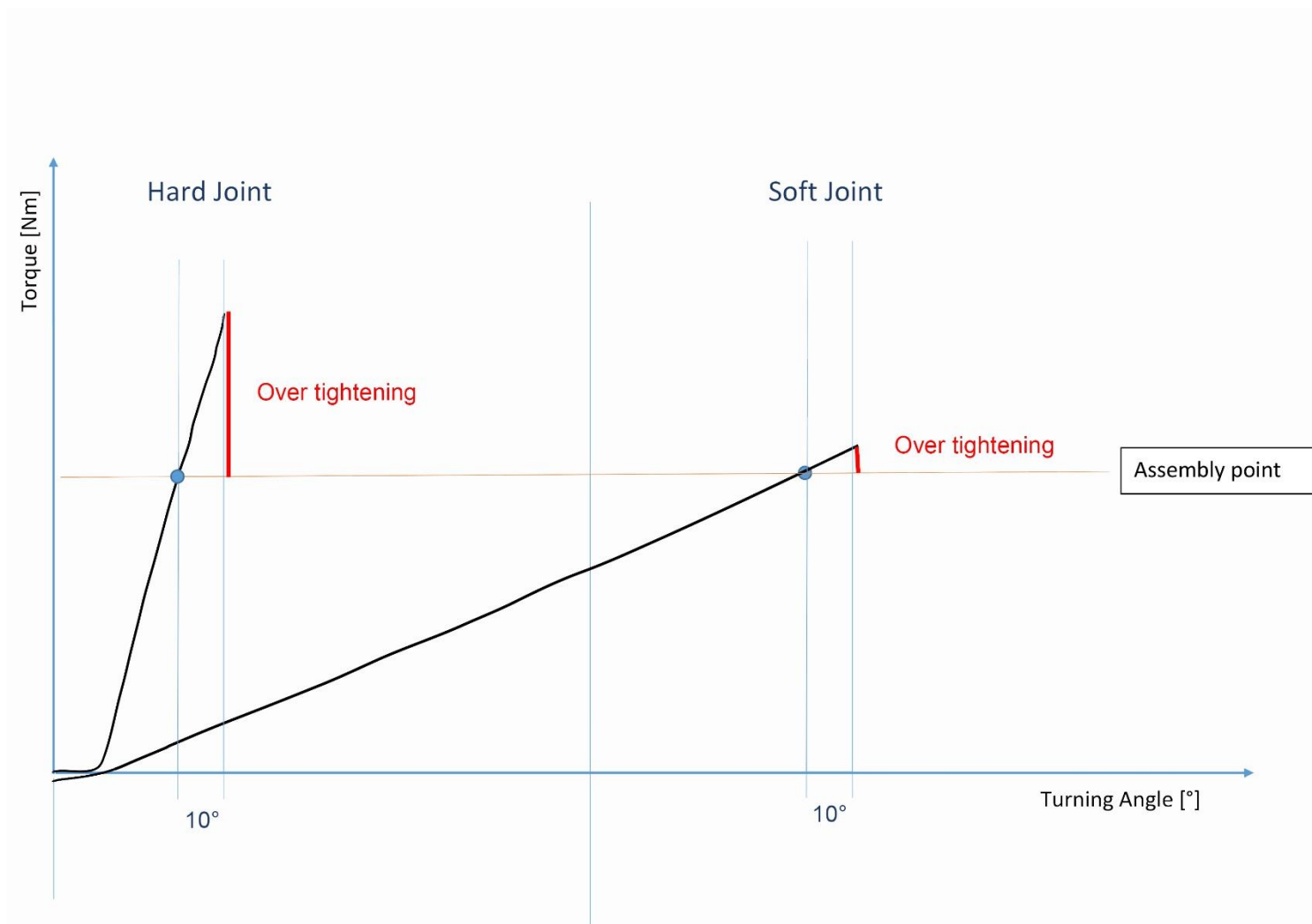
图片4：用扭矩扳手装配

我们如果多转10度：

硬连接 (30°) => 超过30%

软连接 (720°) => 超过1.4 %

=> 在硬连接超过限制

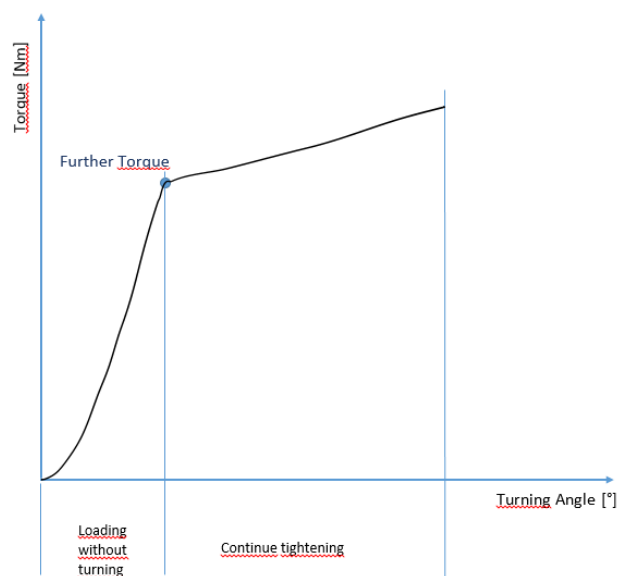


图表1：
装配过紧的链接

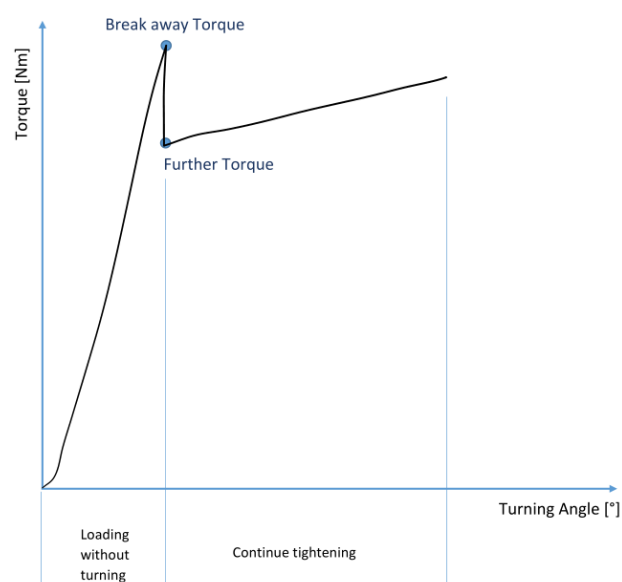


正确识别残余扭矩值并不容易。

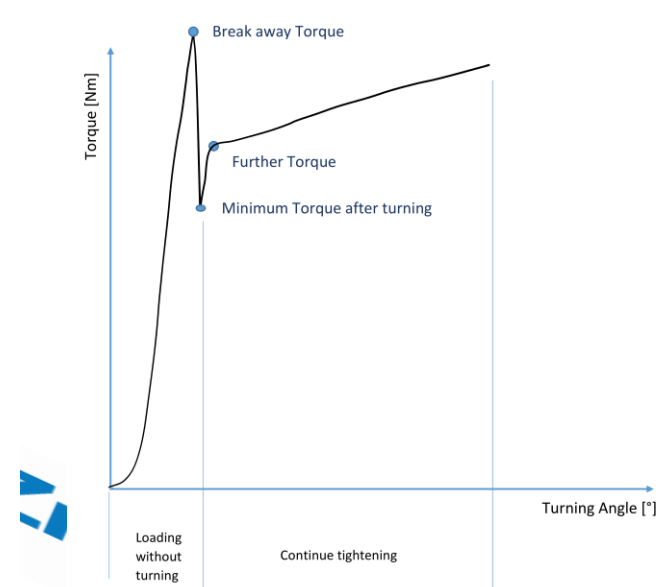
下列图示是平时测量时，会遇到的各种情况：



图表 2：
平滑过渡型曲线



图表 3：
转折型曲线



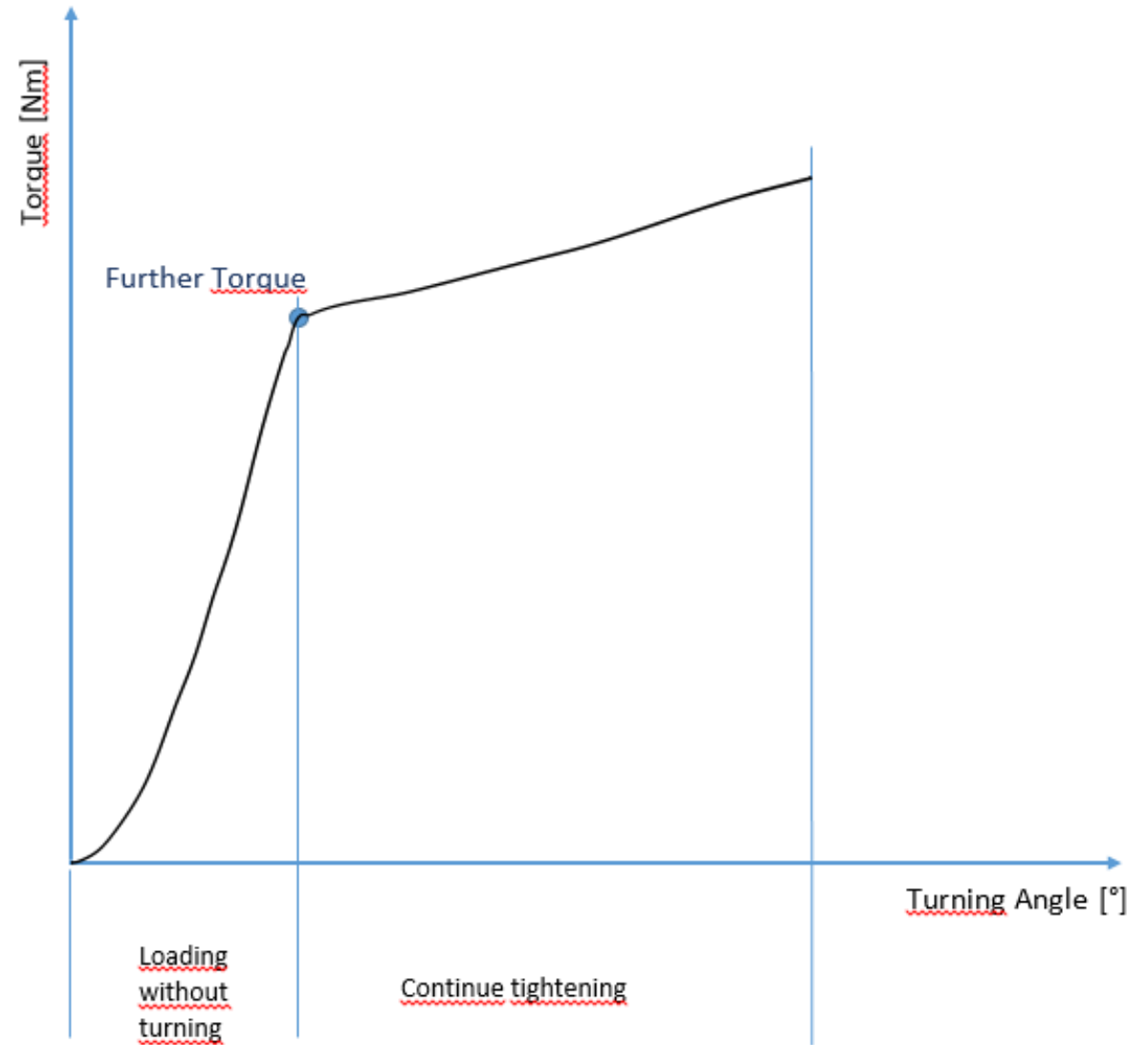
图表 4：
转折跌落型曲线

案例一：平滑过渡型曲线

拧紧曲线先陡直然后平缓上升
残余扭矩值 = 曲线斜率转折点

平滑过渡的原因

在连接点上的摩擦力较小
金属-金属连接
在这之前还没有工作负载



图表5：平滑过渡型曲线

案例2: 转折型曲线

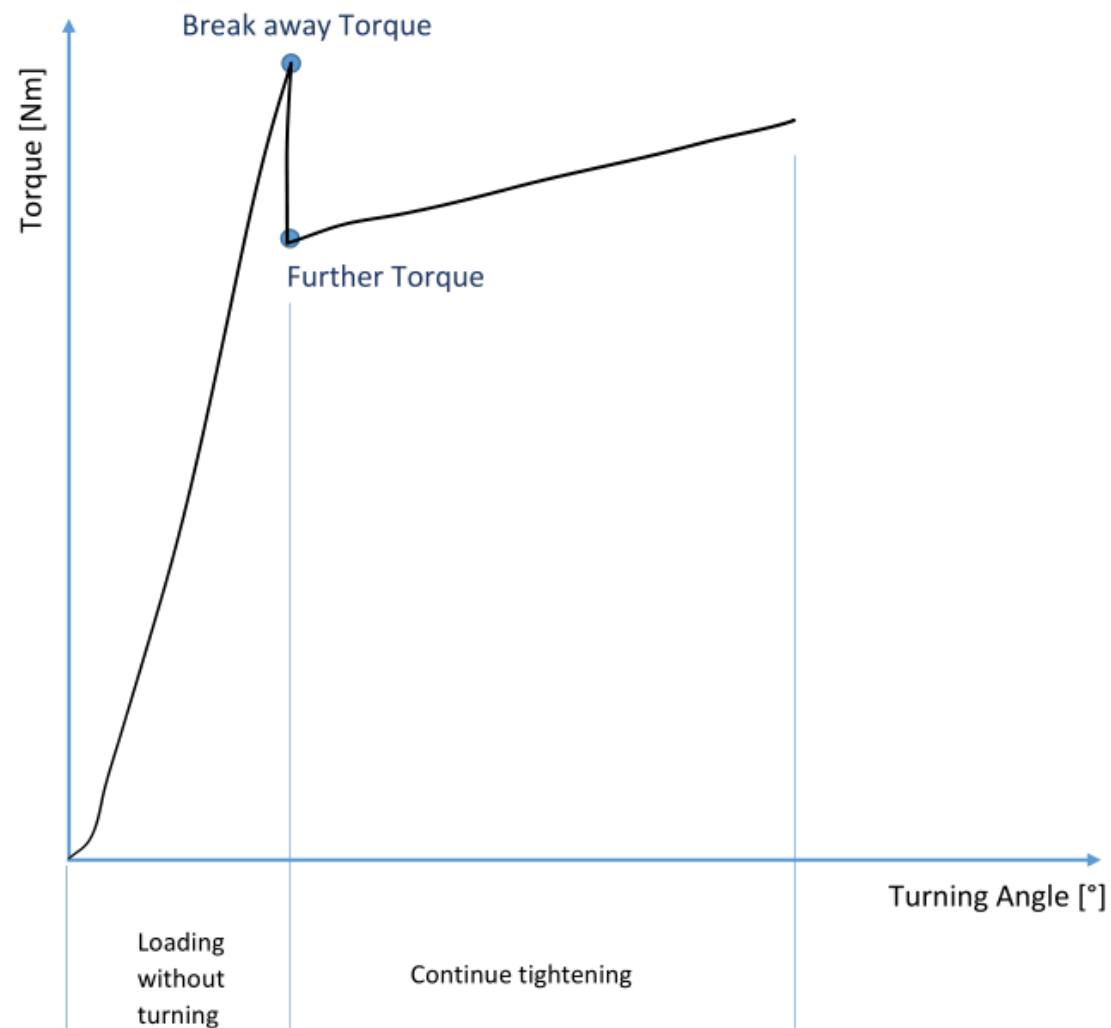
陡直上升-转折下降-平缓上升

残余扭矩值=螺栓开始转动时的扭矩最小值

转折的原因

在节点处的高摩擦

表面的状态反应:
工作负荷、环境温度



图表6:复紧时跌落曲线(1)



案例3：转折跌落型曲线

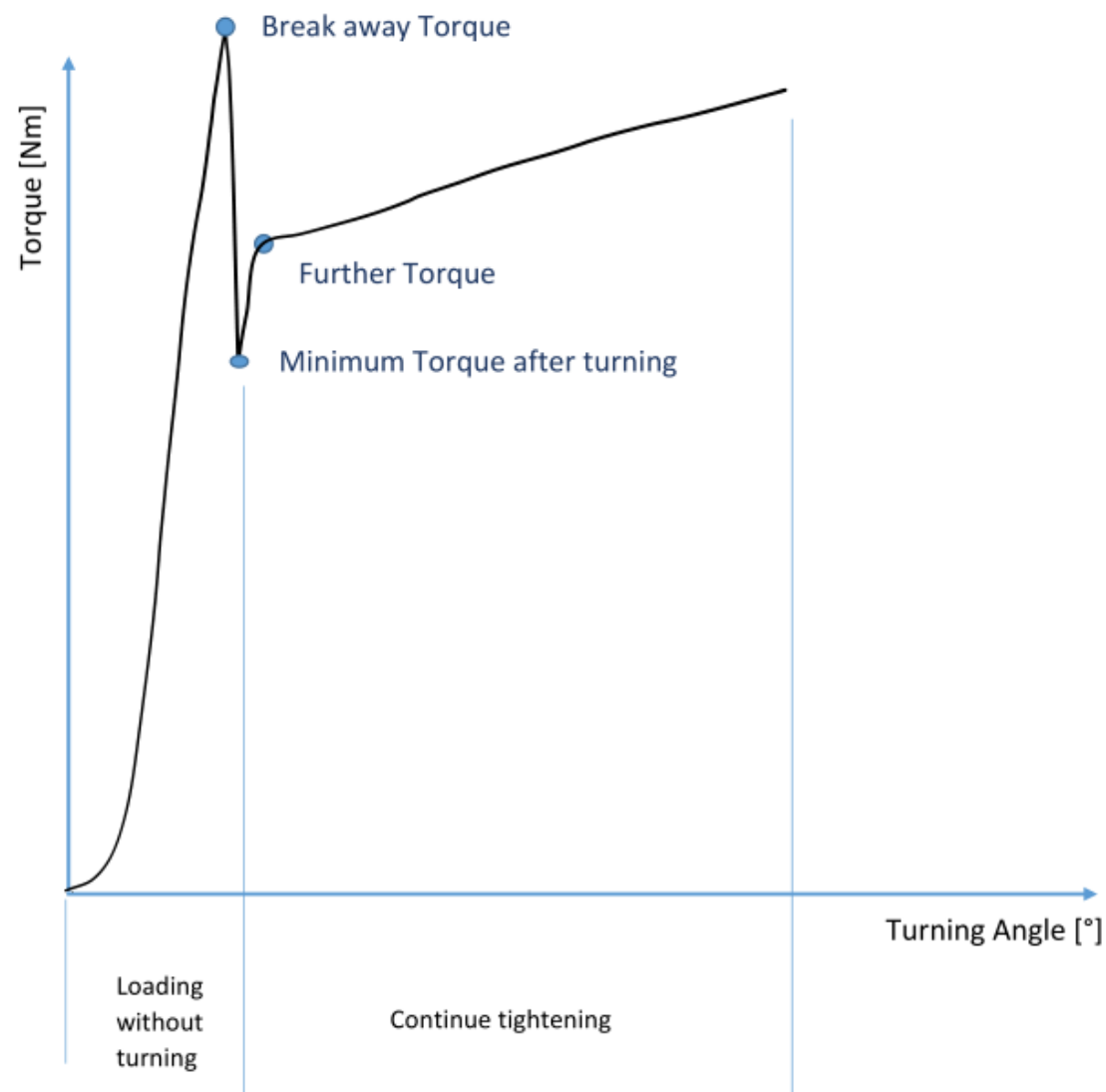
陡直上升-跌落-平缓上升

残余扭矩值 = ~~扭矩最小值~~ - 平滑过渡曲线的第一个值

跌落原因

在节点处的高摩擦

表面的反应：
工作负荷、环境温度



图表7：复紧时跌落曲线(2)



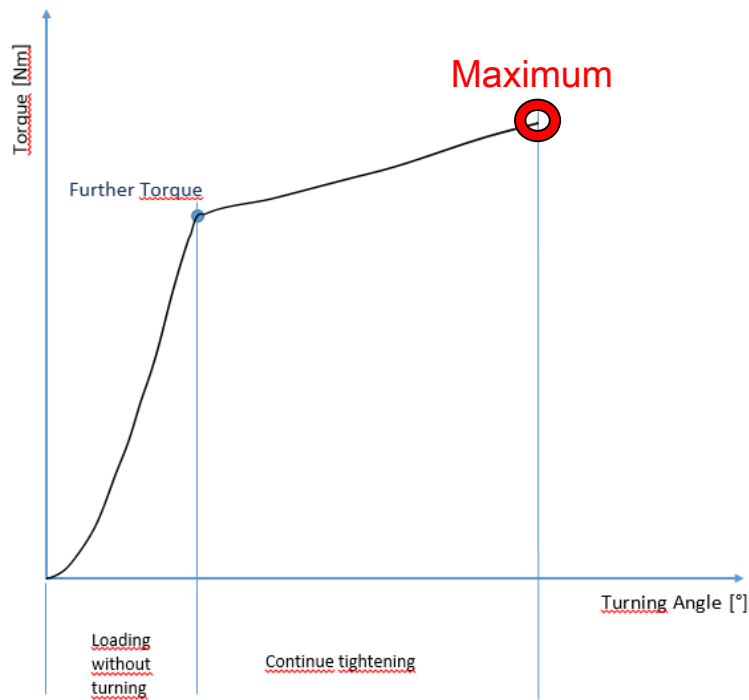
我们如何得到准确的残余扭矩值？
当我们使用带指针的扭矩扳手：

我们永远只得到最大值。

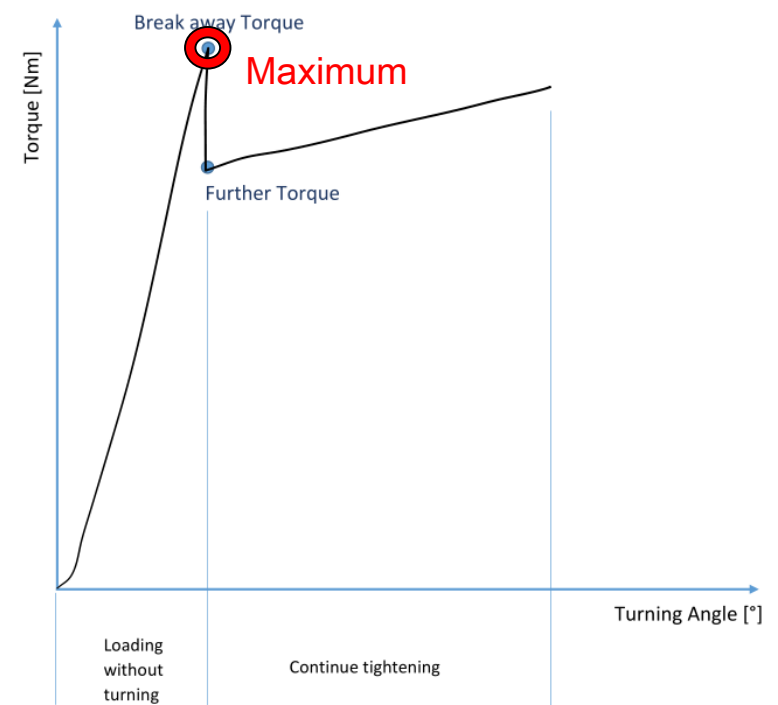
错误！



Foto 5 : Dial torque wrench



图表 8 :平滑过渡型曲线



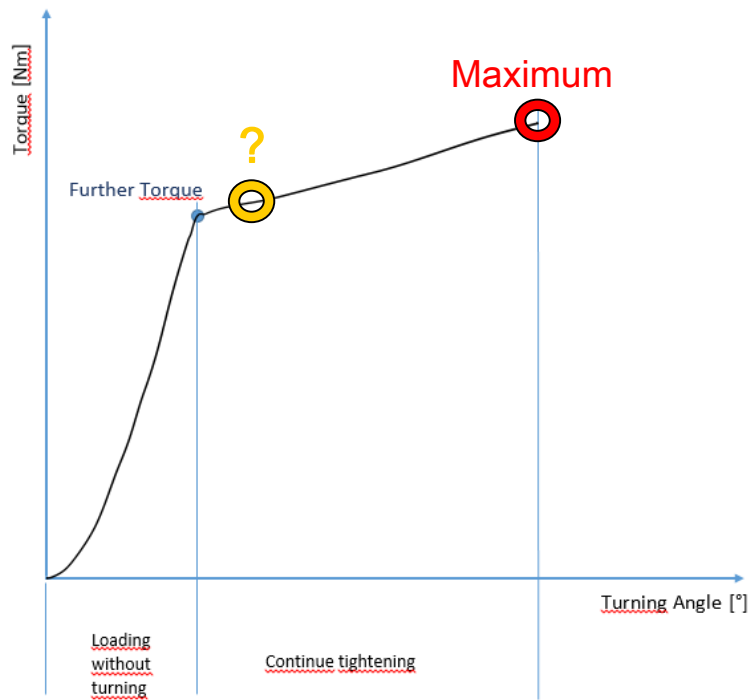
图表 9 :转折型曲线



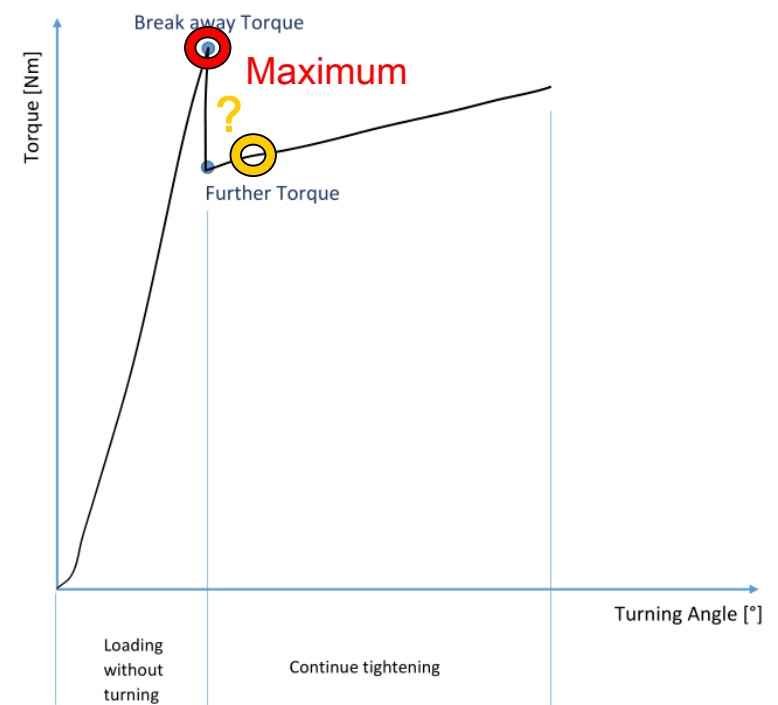
图片 6 : 电子扭矩扳手

当我们使用电子扭矩扳手时, 不带角度测量功能:

通常我们获得最大扭矩值----视内置软件功能而定, 有可能得到残余扭矩的近似值

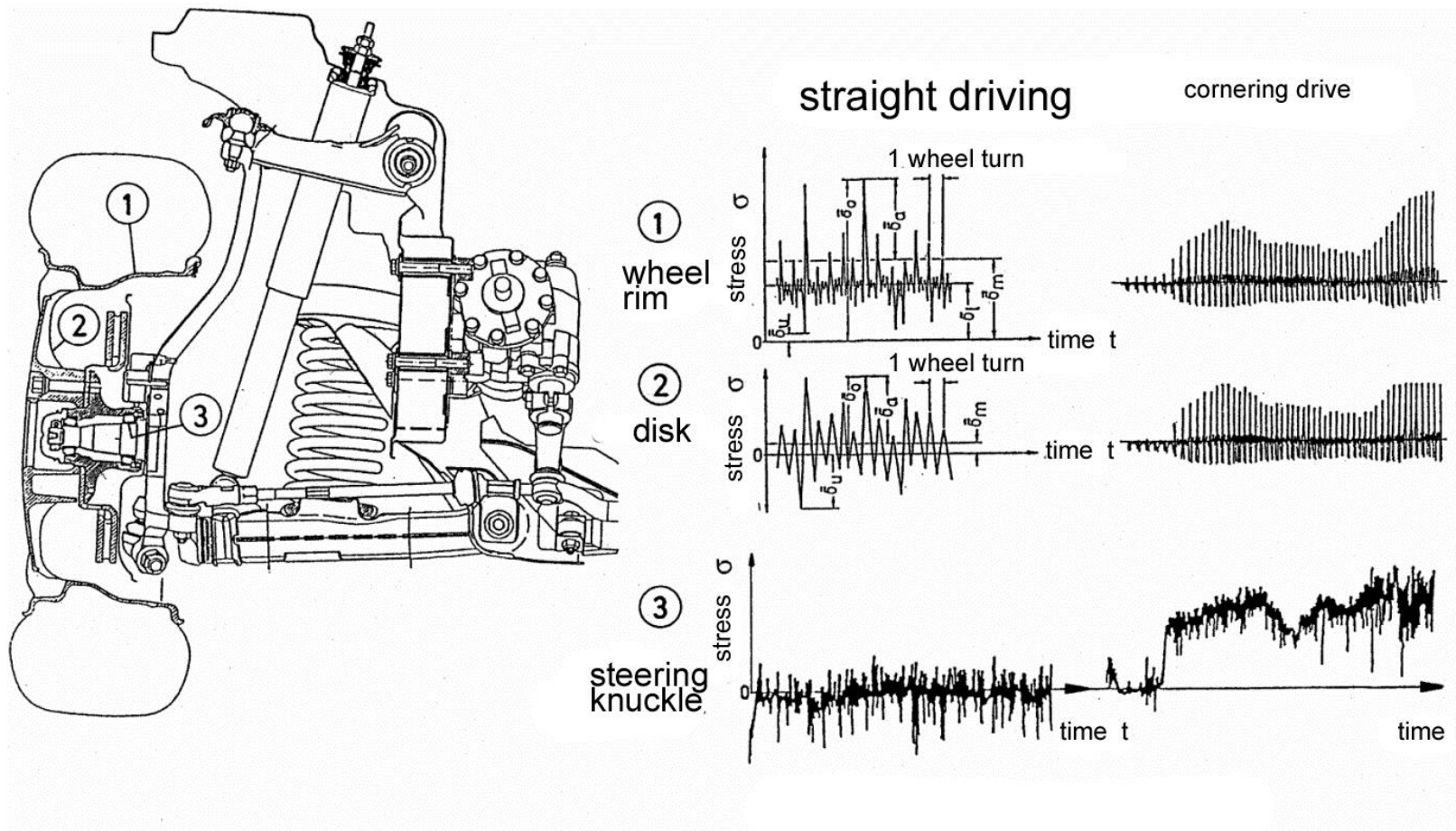


图表10 :平滑过渡型曲线



图表11 :转折型曲线

螺栓连接可靠性的评估方法



评估螺栓连接可靠性的方法

设计完成 => 评估可靠性

保证规范和公差范围!

最重要的是: 夹紧部件的**夹紧力**

夹紧力低于预期 => 可能产生的问题:

- 螺栓的疲劳断裂
- 螺纹的松动
- 被连接件之间滑移和分离

夹紧力高于预期 => 可能产生的问题:

- 震动(由于连接的变形 - 例如: 活塞)
- 延迟断裂
- 应力腐蚀开裂
- 被连接件的变形或破裂

因此:

必须以最大预期轴向拉力 (含公差) 进行测试。

最大拧紧扭矩和最小摩擦系数 => 最大夹紧力

最小拧紧扭矩和最大摩擦系数 => 最小夹紧力

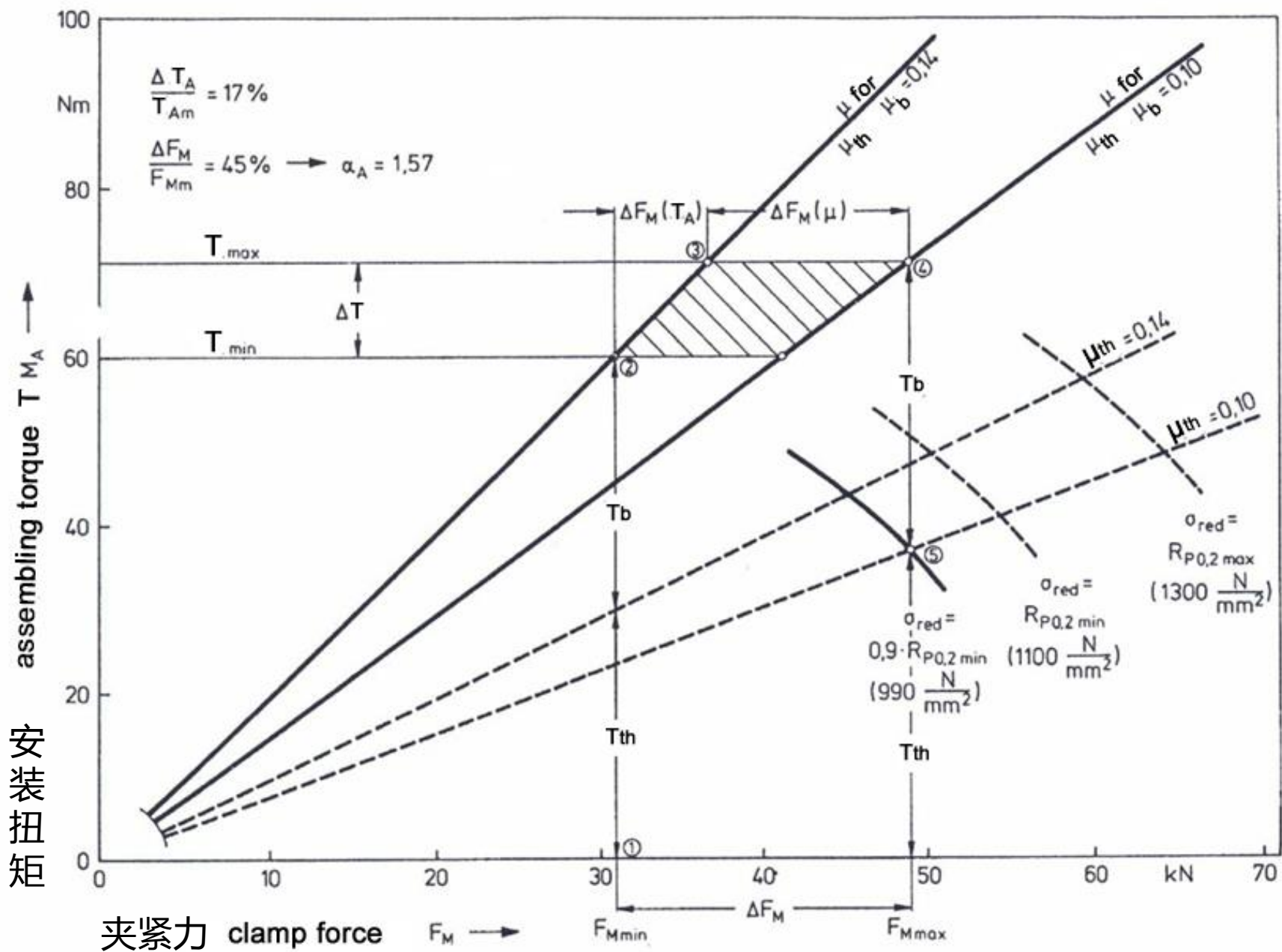
(图1：见下页)

根据实际工况条件执行测试，或尽可能接近！

必须考虑实际产品中可能的误差！

使用与装配线相同的工具和拧紧速度！

智 **iZmart** 慧 紧 想 固



安装扭矩



图1:夹紧力-扭矩曲线-扭矩和夹紧力的分布

防分离保证载荷

在部件上施加可能的最大载荷。

应只考虑那些试图打开连接部件方向上的负载。

抗疲劳保证载荷

疲劳断裂是由于频繁的重复载荷引起的。

如果波动载荷是固定的，那么在部件上加载最大疲劳载荷。

若力变化，则估算负载的大小和在使用期间施加负载的次数。

也许必须考虑负载大小和重复频率的组合。

测量残余轴向夹紧力的方法

测量松动的最好的方法=>测量当前夹紧力。

有三种测量方法:

- 使用超声波轴力测量仪
- 使用带应变片的螺栓
- 使用一个垫圈轴力传感器

使用超声波测量轴力的方法

超声波测量仪测量超声波信号在螺栓中来回的飞行时间。

飞行时间和螺栓长度成比例关系。

准备:

螺栓两端要磨平，同时螺栓杆部与螺栓头部要垂直

确定螺栓的刚度系数（飞行时间和夹紧力之间的关系）=>校准过程。

测量加载前的螺栓长度

测量加载后的螺栓长度。

在不同的温度下对螺栓进行测量，修改温度对测量的影响。

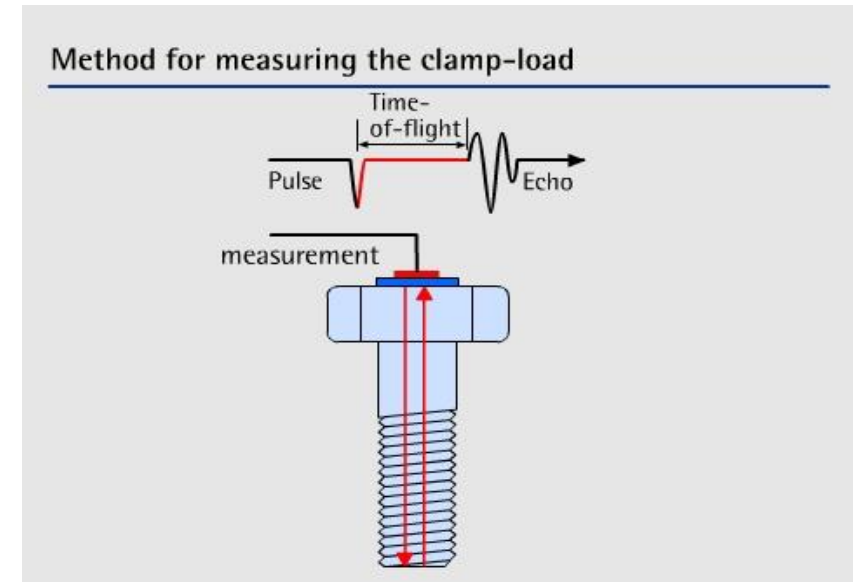


图54：螺栓上的超声波传感器

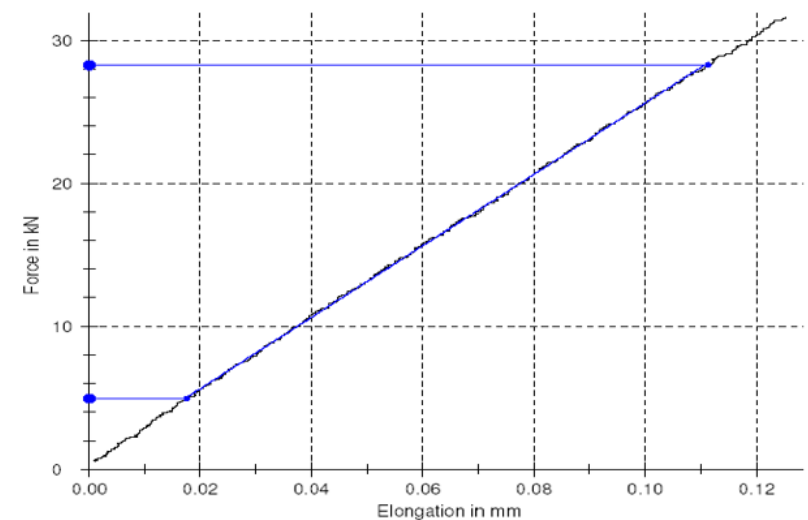


图55：确定螺栓的刚度系数

测量设备

摩擦系数可以通过两种方式获得:

- 方法一——测量“总摩擦系数 μ -total”基于总拧紧扭矩T和轴向夹紧力F间的关系
注意:螺纹摩擦系数与轴承摩擦系数是相等的。
- 方法二——分别测量螺纹扭矩和支承面扭矩，同时测量轴力夹紧力，计算出螺纹摩擦系数和支撑面摩擦系数。
- 在实际应用中，总摩擦系数 μ -tot已足够。
- 为了了解螺纹和支承面的实际情况，建议使用 μ -th和 μ -b。

iZmart 智慧紧固

拧紧的速度

图58表明，摩擦系数受到拧紧速度的影响。
应当使用速度超过2rpm。

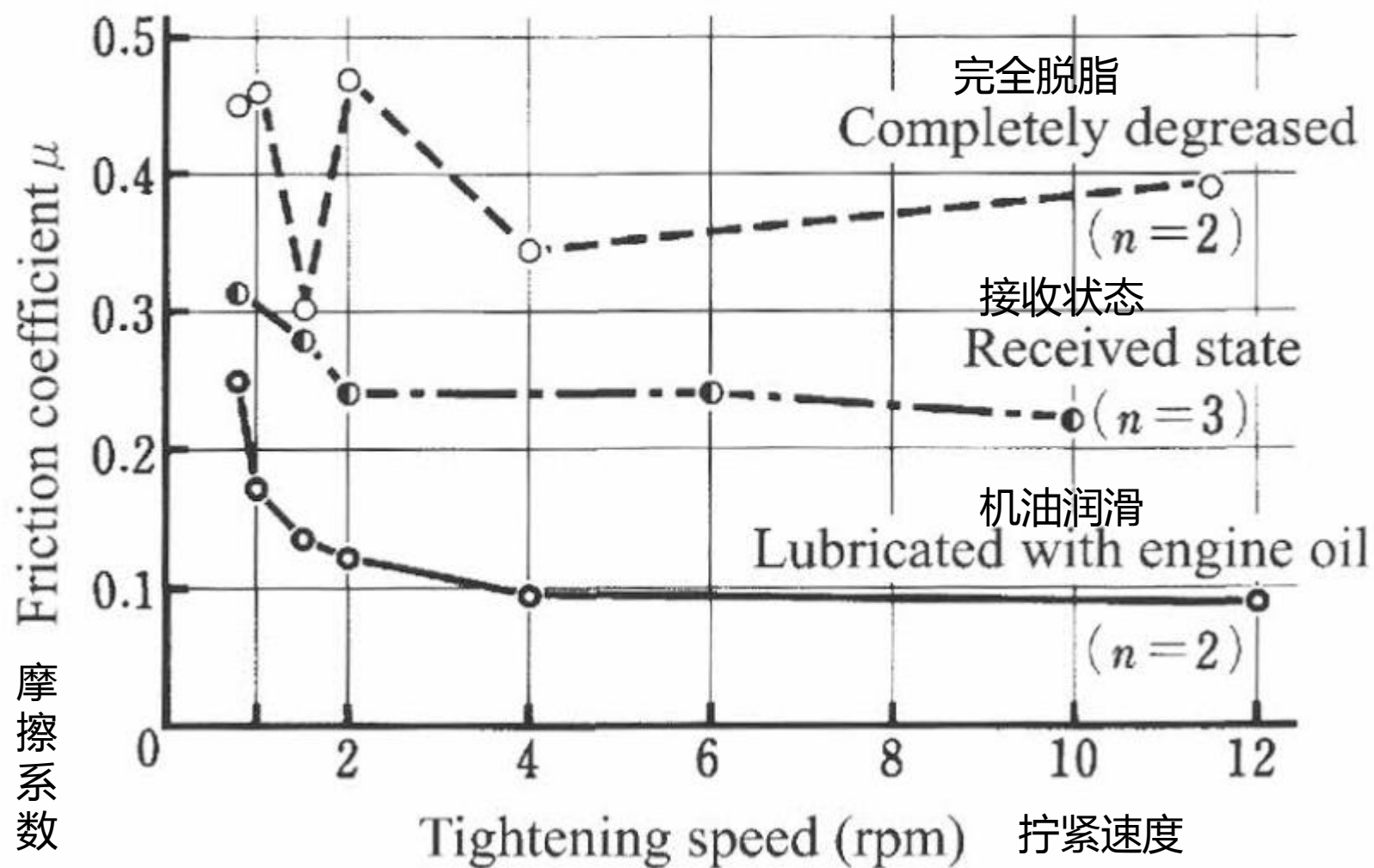


图58.摩擦系数
与拧紧速度有关

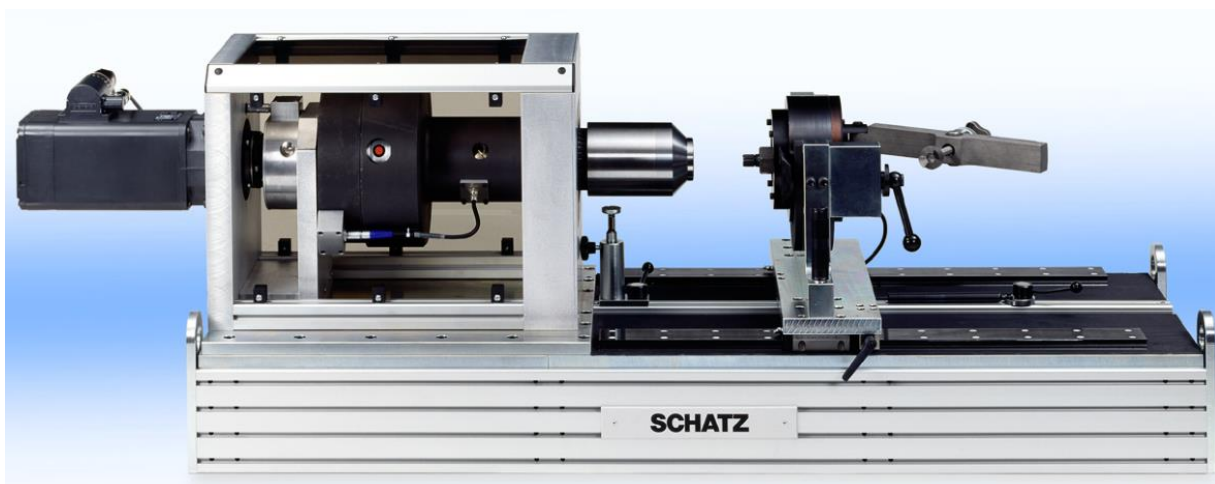
摩擦系数测试系统

该设备可以同时测量拧紧扭矩和轴向夹紧力。

测量拧紧扭矩时，可以通过扭矩扳手或带读数的拧紧工具来获得测量值。

轴力传感器用于测量螺栓拧紧时的轴向夹紧力。

改进的轴力传感器能够测量夹紧力和螺纹/轴承扭矩。



照片2：SCHATZ Analyse测量分析系统

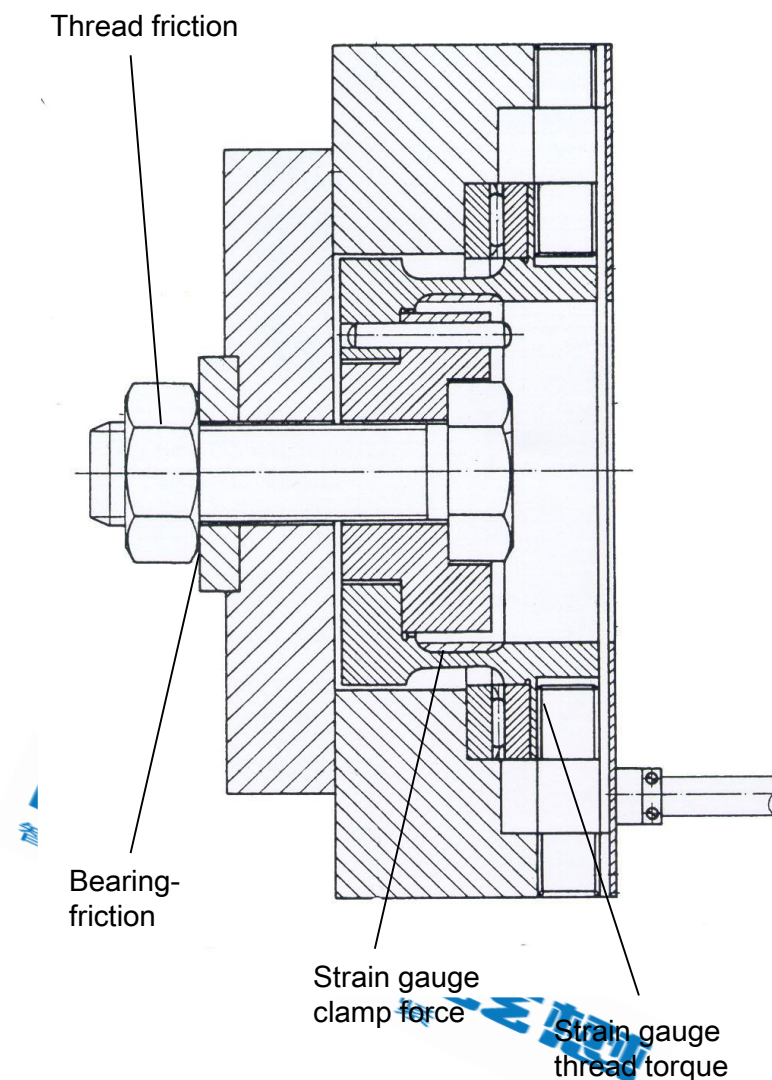


图59夹紧力螺纹扭矩传感器

通过引入已有的现代度量制和最近更新的相关ISO标准,螺栓的强度和用于描述螺栓性能的测试方法现在有了更好的定义。

螺栓的材料已经变得更加复杂,从钢铁到其他更多的特殊材料,以满足不断变化的行业需要。

在过去的20年,镍基合金的发展,可以使其能在高温环境中作业,如涡轮增压器和发动机,而这些钢铁无法实现。

最近的研究集中在轻金属螺栓,如铝、镁和钛。

今天人们更注重分析和确保产品在生产和流通到市场之前的质量问题。

智 **iZmart** 慧 紧 固 想

到此为止了?当然不!

特殊的技术要求在航空工业提出

轻量级的结构必须使用合适的螺丝。

自动化装配需求致使螺丝和螺母的进一步发展。

这一技术的历史没有尽头，哪怕再过**2300**多年。

智 **iZmart** 慧 紧 固 想



关注微信公众号，了解更多紧固课程信息！

