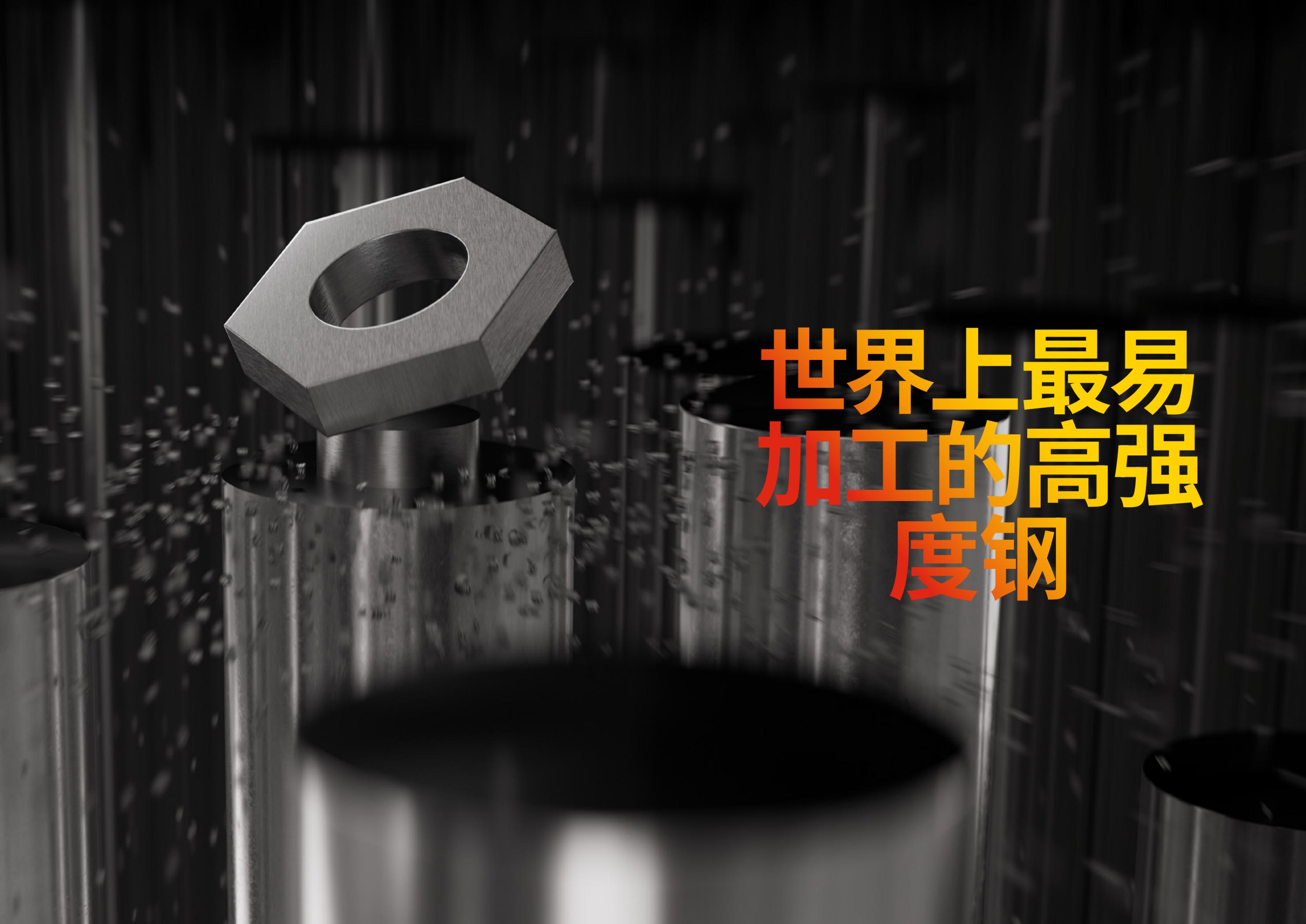


**Steel  
beyond  
limits**

**ETG<sup>®</sup> 88/100**



**Swiss  
Steel**  
Group



**世界上最易  
加工的高强  
度钢**

# Steel beyond limits



这种钢材不仅仅是  
钢材,更是一种思  
维方式。

以创建更优越为信念。相信工程的无限可能。最小的组件。最精确的边缘。最好的韧性。

ETG<sup>®</sup> 88/100不仅仅是一种高端产品,更是一种思维方式。它象征着力量、创造力和潜能。三十年来,高强度钢材一直是我们这个敢于挑战极限的创新者、前瞻者的勇气的象征。

# 为何选择 ETG® 88/100?

ETG® 88/100钢兼具通常相互对立的两个特性：强度和加工性能。ETG®可以替代所有标准钢范围，提高精密零部件的质量、安全性和可靠性，同时优化生产时间和单位成本。



**Build  
beyond**

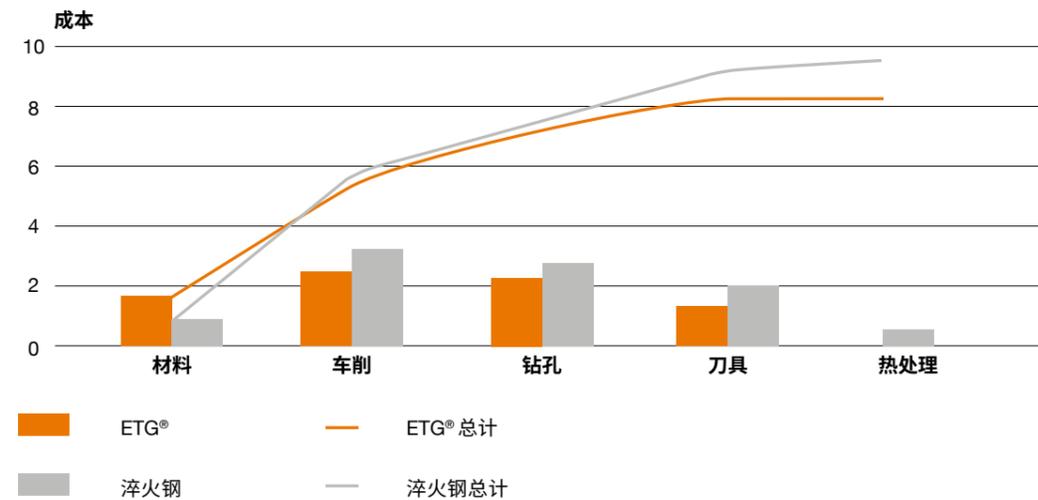
## 高强度

ETG®钢的高强度覆盖调质钢的强度范围。钢材的生产工艺确保了整个横截面和全尺寸范围一致的机械性能。交付时即如此。

## 加工性能卓越

ETG®钢具有低残余应力，并保持尺寸稳定性。它们的断屑短，支持更安全、更精益的生产实践。并提高机器运行时间。

ETG®/淬火钢零部件成本比较



# 提升您零件的性能

优异的材料。引人瞩目的特性。  
经过验证的高性能应用。三十年来无与伦比。



**强度比标准钢种提高达50%**

交付时具有高抗拉和屈服强度



**优异的加工性能**

ETG®可实现非常高的切削速度，  
将工艺时间缩短高达50%



**提高机器运行时间, 高达20%**

短断屑, 延长工具寿命



**零件成本缩减高达30%**

轻量化机会



**永续性解决方案**

通常无需热处理。减少生产流程和二氧化碳  
碳排放。零部件成本节约高达50%。



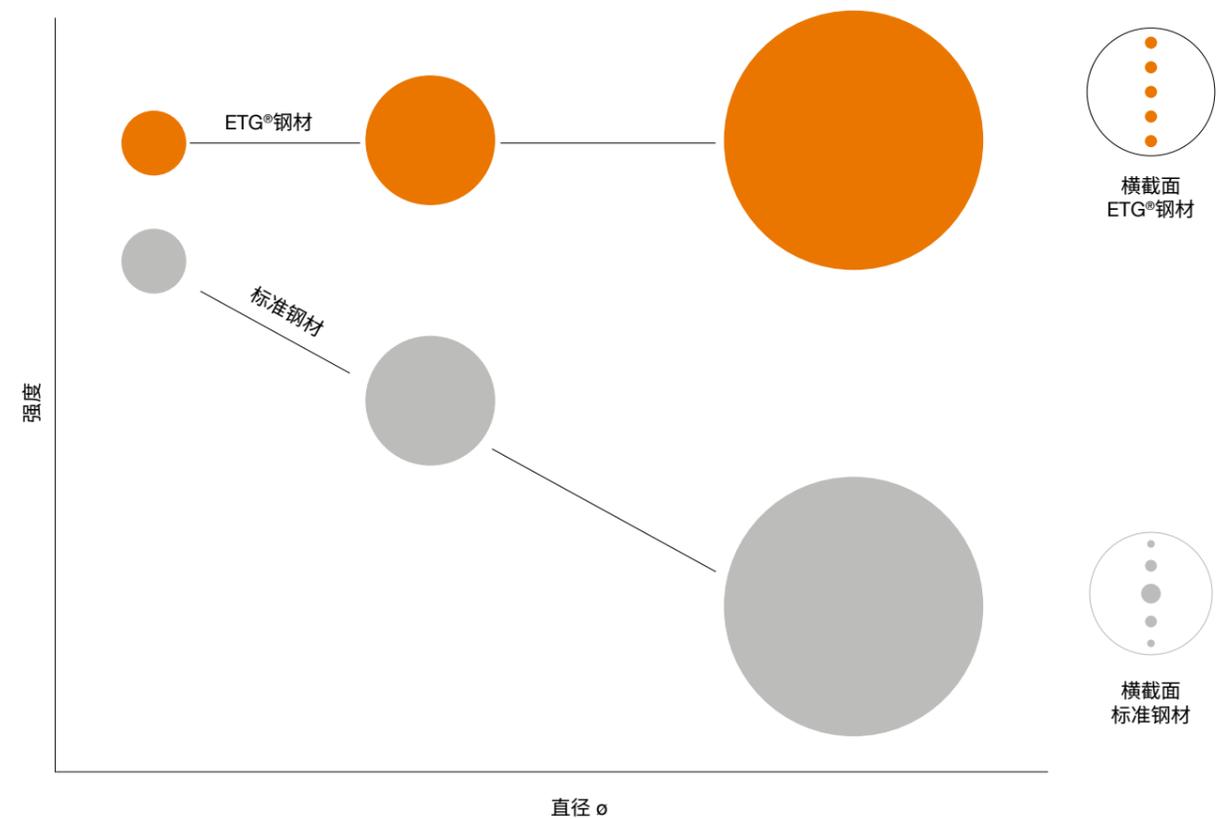
**零件质量和可靠性**

批次之间的一致性和可靠性

# 将 ETG<sup>®</sup> 88/100 与标准钢进行比较

ETG<sup>®</sup>高强度特殊钢可替代标准级别的钢材。全尺寸范围保证的屈服强度意味着ETG<sup>®</sup>适用于非常广泛的应用领域,可替代所有标准钢材。决定因素是它的具体用途。

在整个尺寸范围和横截面上具有均匀一致的机械性能。



# 直到不可能 成为可能



## 标准钢与ETG®的强度比较

保证屈服强度  $R_{p0,2}$  [N/mm<sup>2</sup>], 根据EN10277, 钢铁关键参数

易切削调质钢			尺寸范围 (mm)				
材料牌号	EN牌号	工艺	5-10	10-16	16-40	40-63	63-100
1.0726	35S20	+C	480	400	360	340	300
1.0756	35SPb20	+C + QT	-	-	380	320	320
		+QT + C	490	490	455	400	385
1.0760	38SMn28	+ C	550	500	420	400	350
1.0761	38SMnPb28	+C + QT	-	-	420	400	380
		+QT + C	595	545	490	490	440
1.0762	44SMn28	+ C	600	530	460	430	390
1.0763	44SMnPb28	+C + QT	-	-	420	410	400
		+QT + C	595	545	490	490	490
1.0727	46S20	+ C	570	470	400	380	340
1.0757	46SPb20	+C + QT	-	-	430	370	370
		+QT + C	595	560	490	490	455
1.0728*	60S20	+ C	645	540	430	355	335
1.0758*	60SPb20	+C + QT	570	570	490	450	450

淬火钢			尺寸范围 (mm)				
材料牌号	EN牌号	工艺	5-10	10-16	16-40	40-63	63-100
1.0501/1.0502	C35/C35Pb	+C	510	420	320	300	270
1.1181	C35E	+C + QT	-	-	370	320	320
1.0503/1.1195	C45/C45Pb	+C	565	500	410	360	310
1.1191	C45E	+C + QT	-	-	430	370	370
1.0601/1.0602	C60/C60Pb	+C	630	550	480	-	-
1.1221	C60E	+C + QT	-	-	520	450	450
1.7213	25CrMoS4	+C + QT	-	-	600	450	450
1.7213	25CrMoS4	+QT + C	700	700	600	520	450
1.7227	42CrMoS4	+C + QT	-	-	750	650	650
1.7227	42CrMoS4	+QT + C	770	750	720	650	660
1.6582	34CrNiMo6	+C + QT	-	-	900	800	800
1.6582	34CrNiMo6	+QT + C	770	750	720	650	650

1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MPa    + C = 冷拉    + C + QT = 冷拉+调质    + QT + C = 调质+冷拉

## 高强度特殊钢

ETG® 88	拉拔	← 685 →
ETG® 100	拉拔	← 865 →

由于机械性能在全尺寸范围和整个横截面上均匀一致, 客户可以从以下两种方式获益: 采用更小的零件尺寸从而减轻零件重量, 或者在无需增加零件尺寸的情况下获得更高的零件性能。

# 无限可能的产品范围

## 化学成分 按质量百分比进行分析

元素	C	Si	Mn	P	S
最小值	0.42	0.10	1.35	-	0.24
最大值	0.48	0.30	1.65	0.04	0.33

分析符合SAE1 144 与 44SMn28 (1.0762)。  
零件分析和熔炼分析根据 EN 10087 可能有偏差

## 产品范围

钢材类别	工艺	尺寸范围 mm	公差
ETG® 88	拉拔, 圆形	≥ 5.0 – ≤ 20.5	h9
	拉拔, 圆形	> 20.5 – ≤ 64.0	h11
	拉拔, 圆形	> 64.0 – ≤ 114.3	h12
ETG® 100	研磨, 圆形	≥ 5.0 – ≤ 100.0	≥ IT 6
	拉拔, 圆形	≥ 6.0 – ≤ 64.0	h11
	拉拔, 圆形	> 64.0 – ≤ 70.8	h12
ETG® 88	研磨, 圆形	≥ 6.0 – ≤ 70.8	≥ IT 6
	拉拔, 六角形	SW 13 – 27	h11

棒材长度: 标准3米, 其他长度根据要求提供  
末端标示颜色: ETG® 88白色, ETG® 100金色  
表面状态和表面质量符合 EN 10277-1 3 级 (六角: QC 2)

其他特殊要求 (如机械性能) 的材料可按单生产

## 机械性能 典型值

静态			ETG® 88	ETG® 100
尺寸	Ø	mm	5.0 – 114.3	6.0 – 70.8
屈服强度 (拉拔)	$R_{p0.2}$	N/mm <sup>2</sup>	≥ 685	≥ 865
屈服强度 (研磨)	$R_{p0.2}$	N/mm <sup>2</sup>	≥ 685	≥ 800
抗拉强度	$R_m$	N/mm <sup>2</sup>	800 – 950	960 – 1,100
极限延伸率	$A_5$	%	≥ 7	≥ 6
断面收缩率	Z	%	ap. 30	ap. 20
弹性模量	-	N/mm <sup>2</sup>	ap. 200,000	ap. 200,000
抗拉强度 (横向)	$R_m$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 600	ap. 720
硬度	-	-	-	-
HRC	-	-	ap. 28	ap. 32
HB 30	-	-	ap. 280	ap. 320
侧向剪切强度	$T_s$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 510	ap. 590
扭转剪切强度	$T_t$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 440	ap. 540
缺口冲击功	$A_{v_{RT}}$	J	ap. 25	ap. 10
动态				
拉伸/压缩强度	$\sigma_w$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 350	ap. 370
脉动受力强度	$\sigma_{sch}$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 250	ap. 270
反向弯曲强度	$\sigma_{bw}$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 390	ap. 420
反向扭转强度	$T_{tw}$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 195	ap. 225
脉动扭转强度	$T_{sch}$	N/mm <sup>2</sup>	ap. 345	ap. 390

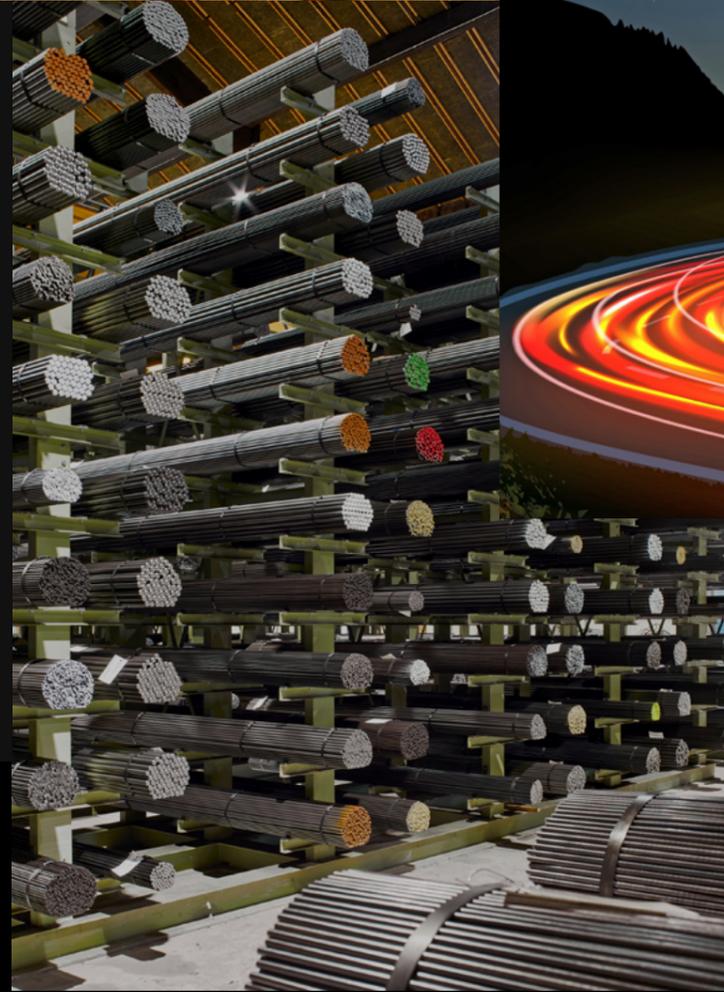
## 齿轮的疲劳强度

脉动载荷下的齿根应力			ETG® 88	ETG® 100
拉拔状态	$\sigma_{FLim}$	N/mm <sup>2</sup>	248	272
氮碳共渗	$\sigma_{FLim}$	N/mm <sup>2</sup>	301	327
交替载荷下的齿根应力			ETG® 88	ETG® 100
拉拔状态	$\sigma_{WLim}$	N/mm <sup>2</sup>	174	190
氮碳共渗	$\sigma_{WLim}$	N/mm <sup>2</sup>	211	229

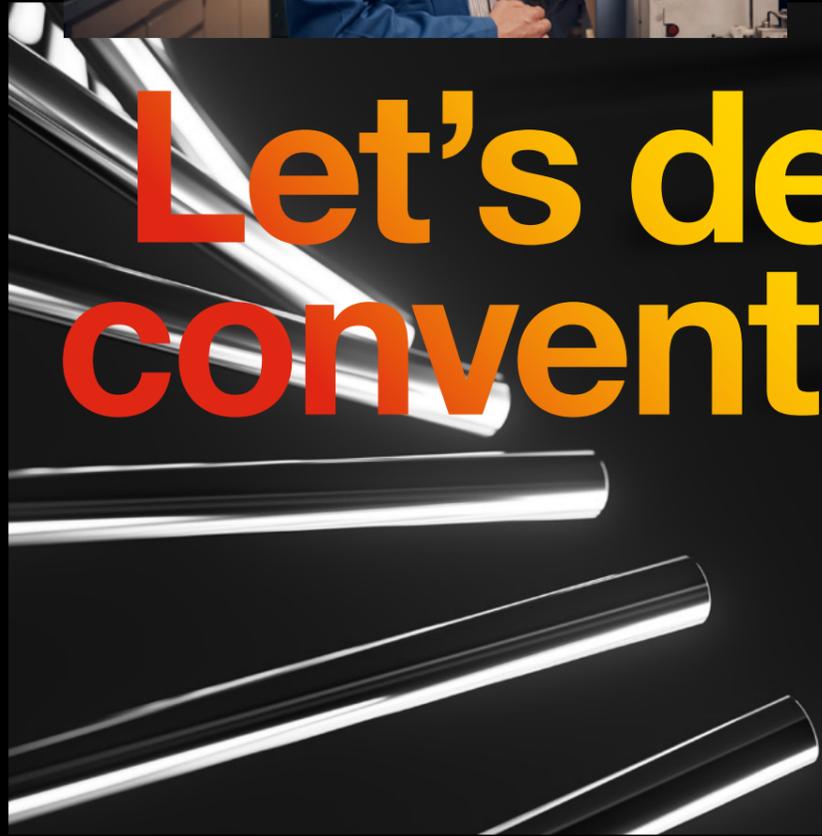
1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MPa

直齿轮 (模数  $m = 2$  mm, 齿数  $z = 17$ )  
 齿轮轮齿质量7, 根据 DIN 3961.....67  
 标准值, 根据 DIN 3990 或 ISO 6336





**Let's defy  
convention**



# 应用领域

无论在哪个行业,无论身在何处,我们的客户都在打造看似不可能的事物。我们携手合作,为每个人塑造更智能、更环保、更高效的未来。

## 灵活性

微型化。减小零件尺寸以降低产品总重量。

ETG®钢材零件在各类移动设备中胜过标准钢材。



## 机械工程

追求精确。生产用于承载部件和系统的精密零件。

具有短断屑的 ETG® 88/100钢使加工过程更加安全。



## 液压系统

提升负载能力。提高工业液压系统的强度。

ETG®钢满足高静态负载要求,并简化您零件的生产过程。



# 加工参数

## 各种加工工艺的目标值 加工指南 $v_c$ [m/min] 和 $f$ [mm/E]

加工工艺	$v_c$ / $f$	工艺	ETG® 88	ETG® 100
多轴数控车削 (硬质合金刀具, 有涂层)	$v_c$	粗加工	230 – 290	210 – 270
	$f$		0.20 – 0.60	0.20 – 0.60
	$v_c$	精加工	240 – 300	220 – 280
	$f$		0.20 – 0.60	0.20 – 0.60
	$v_c$	插刀/切断	160 – 240	140 – 220
	$f$		0.15 – 0.50	0.15 – 0.50
多轴CAM车削 (直线车削-硬质合金刀具, 有涂层)	$v_c$	粗加工	180 – 240	170 – 230
	$f$		0.05 – 0.20	0.05 – 0.20
	$v_c$	精加工	190 – 250	180 – 240
	$f$		0.05 – 0.20	0.05 – 0.20
	$v_c$	插刀/切断	120 – 180	110 – 170
	$f$		0.10 – 0.40	0.10 – 0.40
卧式数控车削 (硬质合金刀具, 涂层)	$v_c$	粗加工	230 – 290	210 – 270
	$f$		0.20 – 0.60	0.20 – 0.60
	$v_c$	精加工	240 – 300	220 – 280
	$f$		0.20 – 0.60	0.20 – 0.60
	$v_c$	插刀/切断	160 – 240	140 – 220
	$f$		0.15 – 0.50	0.15 – 0.50

平面数控车削 (硬质合金刀具, 涂层)	$v_c$	粗加工	160 – 220	150 – 210
	$f$		0.05 – 0.35	0.05 – 0.30
	$v_c$	精加工	170 – 230	160 – 220
	$f$		0.05 – 0.25	0.05 – 0.20
	$v_c$	插刀/切断	80 – 140	60 – 120
	$f$		0.05 – 0.25	0.05 – 0.25
钻孔 (插入式钻头-硬质合金刀具, 有涂层)	$v_c$	–	120 – 180	110 – 170
	$f$	–	0.10 – 0.30	0.10 – 0.30
钻孔 (高速钢, 有涂层)	$v_c$	–	30 – 70	25 – 65
	$f$	–	0.05 – 0.20	0.05 – 0.20
铰孔 (硬质合金刀具, 有涂层)	$v_c$	–	25 – 40	25 – 40
	$f$	–	0.15 – 0.30	0.15 – 0.30
<b>螺纹(内/外螺纹)</b>				
攻、套丝-硬质合金刀具, 有涂层	$v_c$	–	70 – 150	60 – 140
车削-硬质合金刀具, 有涂层	$v_c$	–	12 – 20	12 – 20
滚压-高速钢, 有涂层	$v_c$	–	10 – 30	10 – 30

这些数值取决于机器的静态特性、切削边的几何形状、冷却润滑剂的使用、尺寸和钻孔直径的大小。

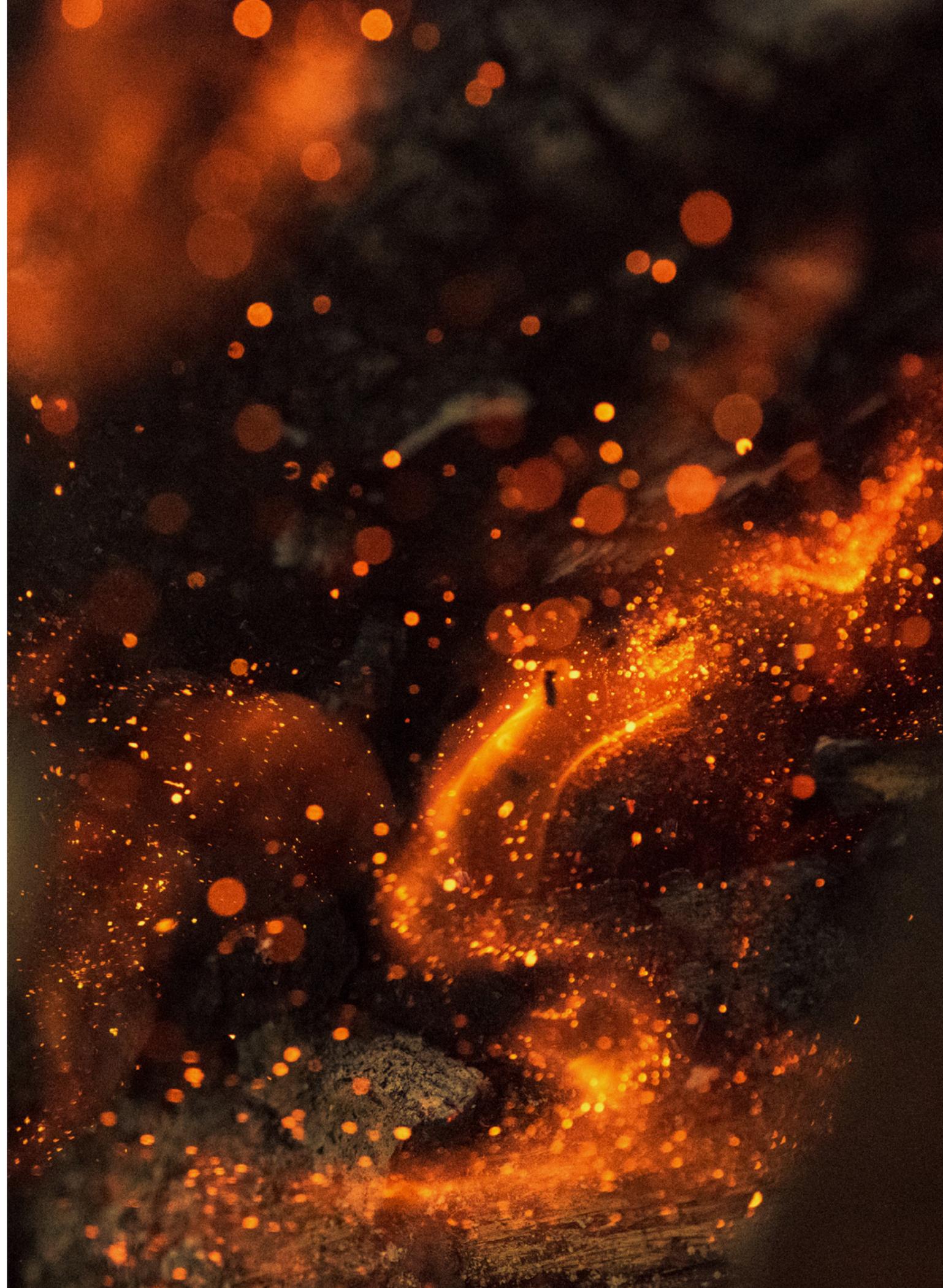
ETG®钢所采用的特殊制造工艺使其具有高强度和优异的加工性能的独特组合。

# 通常建议

## 使用我们的 ETG®钢的通常建议

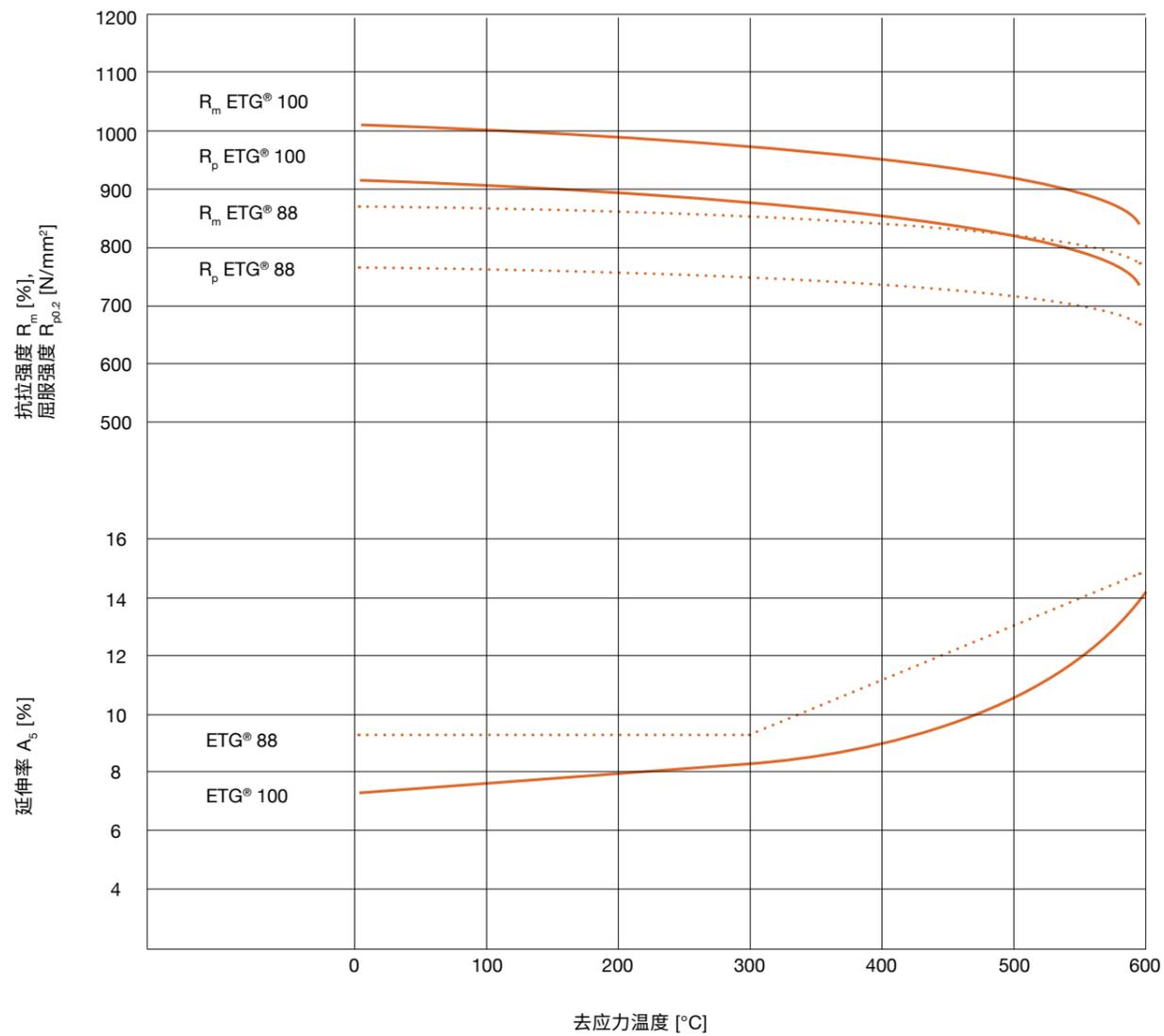
复杂的零件和苛刻的生产工艺需要使用正确的材料。零件越复杂,生产工艺越先进,选择合适材料的重要性就越大。我们技术支持人员的工作是帮助客户选择材料。

- 与所有拉拔钢材一样,尽可能纵向施加载荷。横向加载时,抗拉强度和屈服强度会降低。厚度小于 1 mm的壁厚处于临界范围。
- 鉴于缺口敏感性,应避免截面的锐利边缘,尤其是在可能发生突变应力的情况下。在低于 0°C 的温度下使用这种材料时应特别注意。
- 对于螺栓、螺杆和齿轮,应参考适用的标准。
- ETG®适用于带夹紧螺母的螺栓。然而,在没有特殊装配方案的情况下,不适用于受力的螺头螺钉。根据 DIN EN ISO 898-1,ETG® 88和 ETG® 100 不符合 8.8 级和 10.9 级所需的强度。
- 与冷拉钢棒相比,ETG® 100的内部应力较低。然而,这种应力可能会在以下情况下引起变形:不对称加工、长而窄的零件和薄壁零件。我们建议对此类工件进行去应力。去应力温度应不低于 300°C。
- 对于 ETG® 88,通常不需要进行去应力,因为其内应力很低。
- 对于高精度的螺纹丝杆(如导向丝杆),ETG® 100 只能在去应力状态下使用(约580-600°C,最少2小时)。

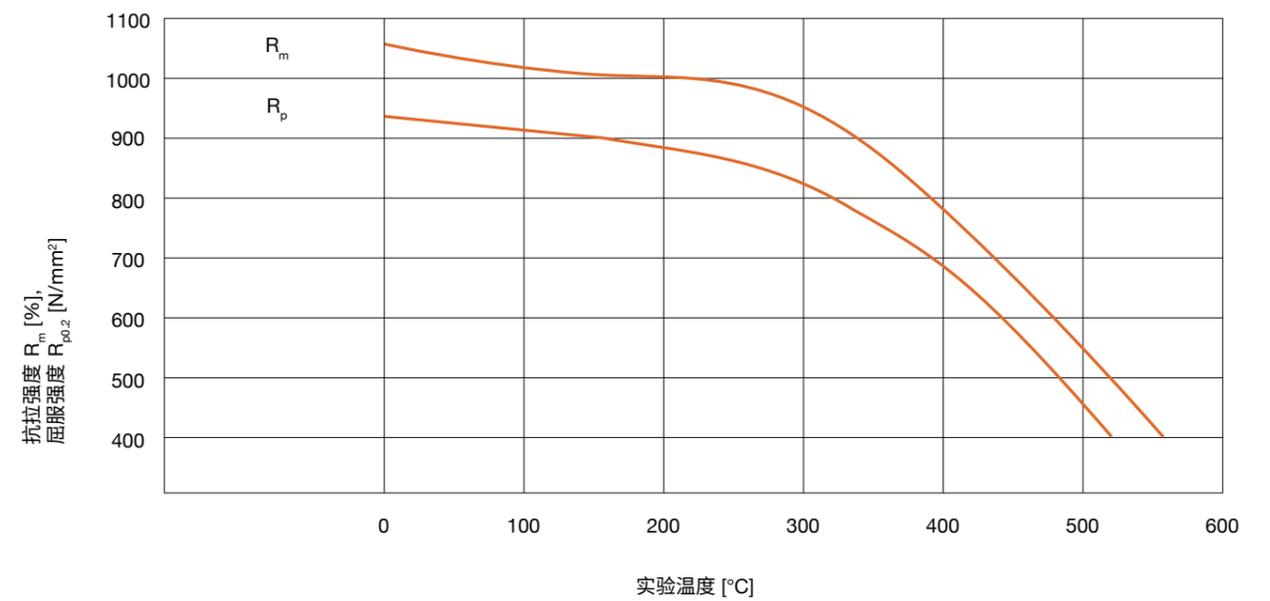


# 纵向强度

纵向强度  
与去应力温度相关  
典型值, 去应力时间约2小时



ETG® 100的高温纵向强度  
与淬火温度相关  
典型值



「不可能不是一个事实。是一种看法。不可能不是一个宣言。是一个挑战。不可能是潜能。不可能是暂时的。一切皆有可能。」

穆罕默德·阿里

# 热处理

## ETG® 88/100的热处理建议

- 避免由于锐边、键槽或交叉孔造成的硬化。
- 不建议对薄壁零件的全厚度进行硬化。
- 当需要对具有非常复杂几何形状的零件进行硬化时(例如球形区域、深槽或切口、紧密曲线),应在硬化前对零件在180 - 200°C进行去应力退火处。
- 由于 ETG® 88/100钢的带状组织比其他调质钢更加明显,我们建议将硬化温度至少保持在  $A_{c3}$  以上 100°C。
- 像所有的轧制拉拔材料一样, ETG® 具有略带脱碳的边界区域,因此该区域的硬化效果略有降低。
- 应避免对拉拔表面进行硬化,因可能存在表面缺陷。由于缺口效应,这些缺陷处的硬化应力可能导致裂纹。
- 在对齿轮进行硬化时,齿根也应硬化到 0.2毫米的深度。
- 为避免由于硬化过程产生的应力而导致淬火裂纹,硬化零件应尽快进行回火处理 (~140°C, 1小时)。
- 与 ETG® 100相比, ETG® 88由于残余应力较低,较不易出现淬火裂纹。

## ETG®钢的热处理信息

ETG®钢的高强度位于调质钢的范围内,这意味着在大多数情况下不需要额外的热处理。如果需要更高的耐磨性或疲劳强度,则可以使用各种表面硬化工艺。高基础强度保证了良好的基体组织,因此完美地满足以下热处理工艺的前提条件:

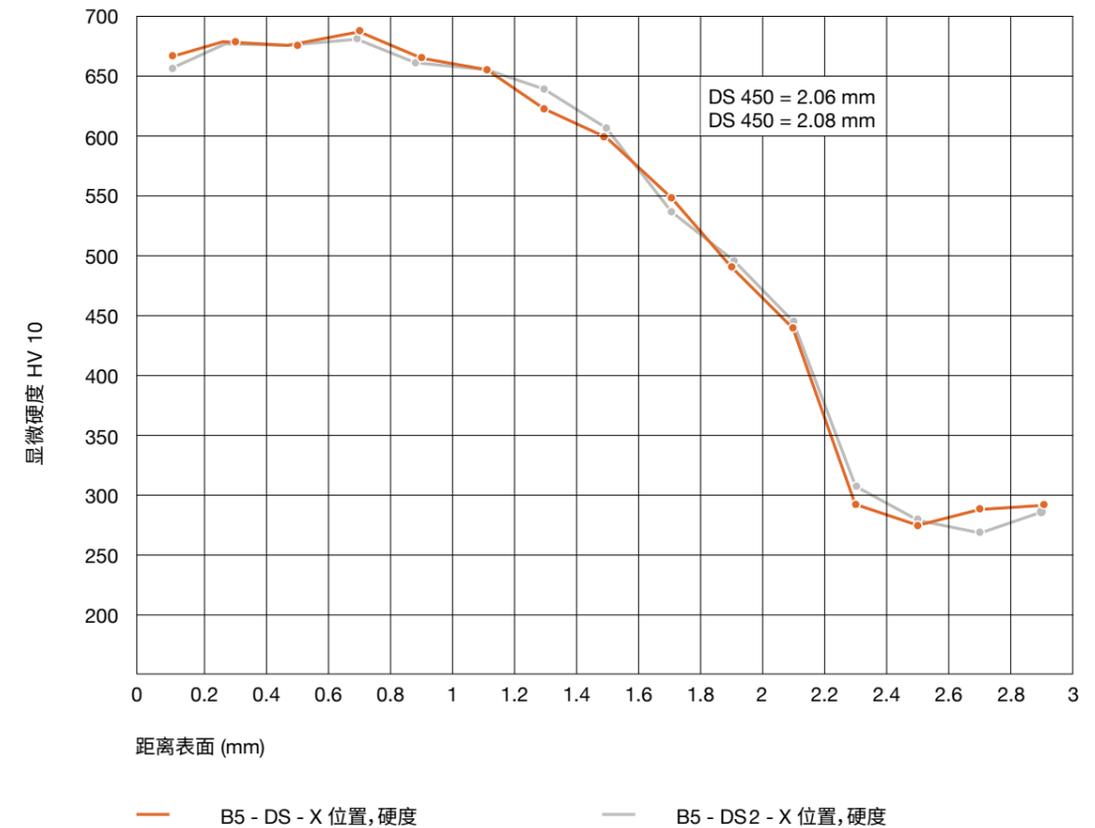
- 感应淬火(高频)
- 氮碳共渗
  - 盐浴氮碳共渗
  - 气体氮碳共渗
  - 等离子氮碳共渗

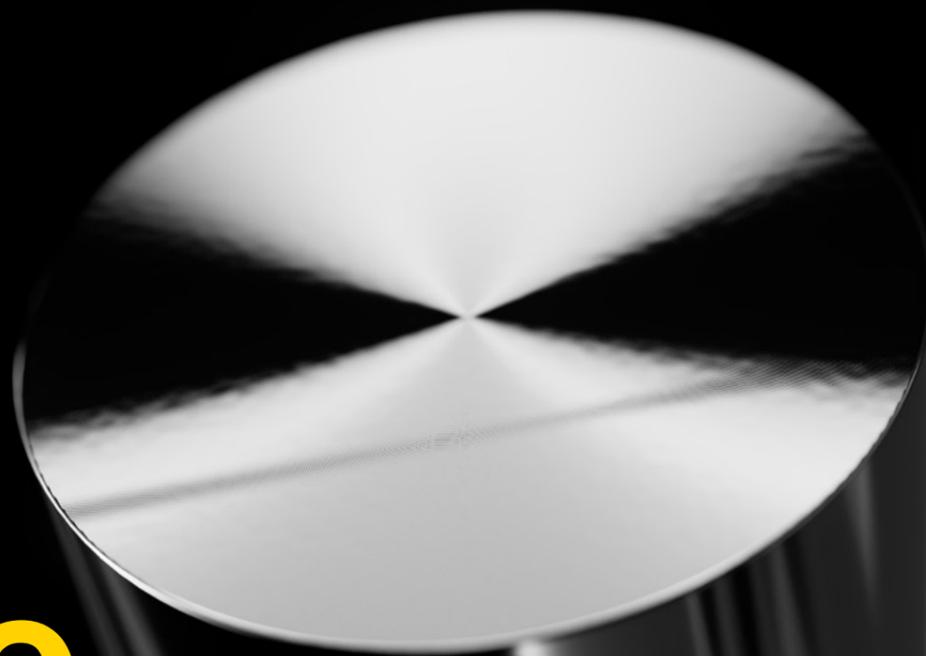
## 感应淬火(高频)

- 处理温度: 930 - 980 °C
- 淬火介质: 聚合物
- 可达硬度: 50 - 55 HRC

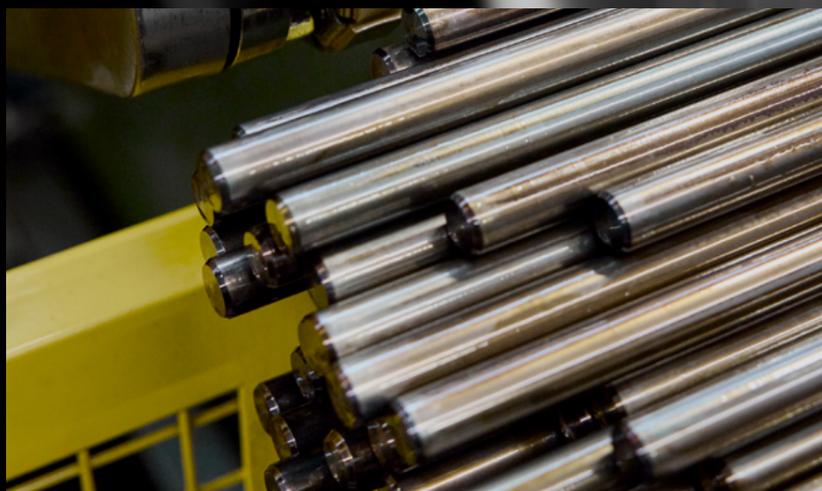
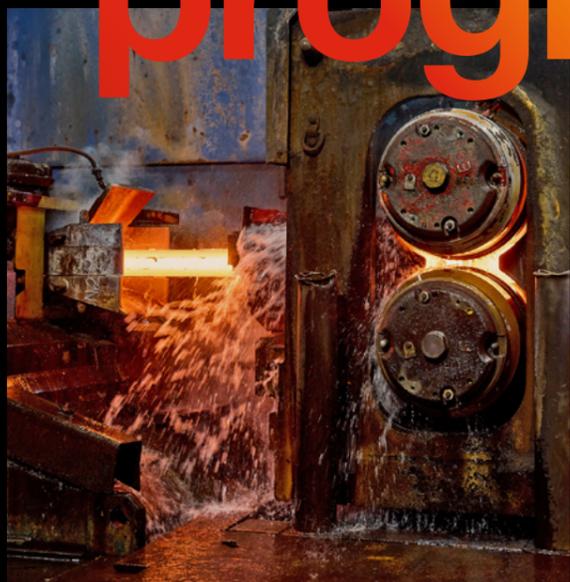
淬火层的深度应尽量保持最小,通常不超过1毫米。对于复杂零件,建议在550 - 580°C进行去应力处理。使用水作为淬火介质可使硬度更高,但可能会有淬火开裂的风险。

## 感应淬火的关注焦点 根据 DIN EN ISO 2639的硬度曲线





**Feel the  
heat of  
progress**

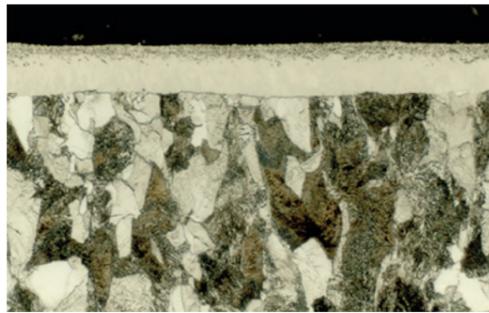


# 氮碳共渗

## 氮碳共渗

氮碳共渗可以提高钢材的耐磨性和抗腐蚀性能它还可以提高材料的弯曲疲劳强度。ETG® 88/100可通过盐浴、等离子或气体工艺进行氮碳共渗。在一项研究中, ETG® 100分别在井式炉中进行 520°C 和 570°C 保温10 小时和 40 小时, 以及保温 0.5 小时和 4 小时的气氮共渗处理。在每种情况下, 采用氮势  $K_N = 2$  的气氛, 570°C 时添加了 2.5% 的  $CO_2$ 。

针对尺寸稳定性和精度要求严格的应用, 材料应进行 520°C 至 570°C 预热处理。等离子渗氮也可以使用, 因为该过程在较低的温度 (约 480°C 至 510°C) 下进行。由于等离子渗氮使用较低的温度, 心部强度降低较少。ETG® 100具有致密的化合物层, 几乎没有孔隙形成。心部硬度约为 315 HV 0.5。对ETG® 100进行氮碳共渗通常会导致抗拉强度降低 100MPa 至 200MPa。ETG® 88的抗拉强度降低约为 100MPa。



ETG® 100, 520 °C 10h,  $K_N = 2$ , 硝酸浸蚀剂

## 氮碳共渗

处理	化合物层	扩散层	氮化层厚度	表面硬度
	µm	µm	mm	HV 0.5
520 °C N 10h	8.8	2.5	0.25	540
520 °C N 40h	10.5	3.5	0.38	580
570 °C NC 0.5h	5.3	0.5	0.07	380
570 °C NC 4h	17.8	3.5	0.20	480

根据所使用的氮碳共渗工艺, 可能需要在350 °C回火至少 2 小时以去除可能混入的氢气。

# 加工信息

## 表面处理

ETG® 88/100的表面状态符合EN 10277-1的规范。

作为生产标准, ETG® 88/100需进行裂纹检测。我们保证圆钢的表面质量等级为 3 级, 六角棒为 2 级。请注意, 对于标准棒材, 端部 (最长 50 毫米) 无法进行检测。

如果表面缺陷可能会导致问题 (例如在表面硬化时可能引起缺口应力集中效应), 则必须致少将材料表面允许的缺陷深度去除。

## 焊接

ETG® 88/100的焊接性一般。应使用奥氏体焊条, 并注意强度将显著降低。断裂强度取决于焊接金属的强度。为了避免失败, 我们建议在焊接零件之前进行试验。使用钨极惰性气体保护焊(TIG)可获得最佳效果。

- 焊接程序: 钨极惰性气体保护焊
- 焊接耗材: X15CrNiMn 18 – 8 (1.4370)
- 预热温度 300 °C
- 焊缝抗拉强度: 490 – 670 N/mm<sup>2</sup>

ETG® 不适合激光焊接。

## 非切削成形、滚压螺纹

ETG®材料螺纹可以滚压成型。但蜗杆、梯形螺纹等需要切削而非滚压成型。

## 其他非切削加工

对于需要进行冲压、折弯、挤压、锻造等不适用于 ETG® 88 和 ETG® 100的工艺, 请联系我们的技术服务。

## 钎焊

ETG®也可进行钎焊, 但会导致强度损失。必须缓慢冷却, 因为存在应力开裂的风险。

## 表面处理

大多数表面处理都适用于ETG® 88/100。例如, 它们可以很容易进行热镀锌、铬酸盐处理、镀铬、镀镍或碱性发黑。由于钢中含有硫化锰化合物, 在酸洗和中和过程必须小心对待。进行表面处理的温度不应超过 500°C。推荐使用研磨材料。

# Steel beyond limits

## 突破思维定式

我们怀着激情共同拥有创造性思维。

超越普通的钢材, 搭配与之匹配的创新、支持和服务。通过免费计算工艺节省潜力和免费试用, 我们为客户提供更多可能, 使其生产更为精益、更安全、更有竞争力。

### 我们的团队



三十年来, 我们与客户、供应商、大学和科研机构携手合作, 突破常规思维。我们一起挑战极限。我们重新定义期望。

### 我们的网络



全球覆盖, 本地服务。访问我们的专业知识和丰富经验, 帮助您精益高效地运营。无论是现场还是远程, 我们优质的技术服务都能提供便捷的接触和快速的沟通, 助您更精益地运营。

### 我们的生产



我们监控生产过程, 力求精益高效。尽最大可能保证产品的可靠性。

### 我们的检测流程



严格的生产检测和质量控制检验, 保证严格公差范围内的高质量连贯一致性。



**Together.  
For a future  
that matters.**

本文件显示的信息和数据是典型值或平均值，不构成对最小值或最大值的保证。我们的材料检测证书中包含的信息才可视为具有相关性。本文件中所述材料的应用建议仅供参考，以帮助读者自行做出决定，并不构成对材料适用于特定应用的明示或暗示的保证。

我们保留进行更改和技术改进的权利，恕不另行通知。错误和遗漏除外。预期的性能特征只有在合同订立时达成一致，才具有约束力。



**Swiss  
Steel**  
Group

文本

ETG® 88 由 Steeltec AG 和 Steeltec GmbH 生产。

[info.engineering@swisssteelgroup.com](mailto:info.engineering@swisssteelgroup.com)

[www.swisssteel-group.com](http://www.swisssteel-group.com)