

塑料齿轮的应用与选择

深圳市合发齿轮机械有限公司
Shenzhen HEFA Gear Machinery Co.,Ltd.



传动工程师的在职学院

在线提问



专家解答|介绍

资源下载

文章推送

在线直播

名师阵容 精彩不断





主讲人介绍—李峰

- 2002年本科毕业于河南科技大学；师从塔教授学习齿轮；
- 2004年硕士毕业于武汉理工大学；师从张教授学习谐波齿轮；2004年湖北省优秀硕士论文（谐波齿轮方向）；
- 2004-2006年：河南科技大学；讲师；
- 2006-2008年；德昌电机；专家（齿轮方向）；
- 2008-2018年：帝斯曼工程塑料；塑料齿轮应用开发经理；
- 2018年至今：多家公司技术顾问；

- 塑料齿轮相关发明专利5项，结构新型发明专利1项；
- 2012年DSM创新奖；2016年博世创新奖获得者；

- 客户需求
- 齿轮种类及其优缺点
- 塑料齿轮的常见形式
- 塑料齿轮设计原则
- 特殊应用工况及其材质的选择原则
- 塑料齿轮的常见材料的性能数据
- 塑料齿轮的常见应用

“不会坏的”齿轮

所有工况下均无故障运行
全寿命周期下均无故障运行
强度足够
耐磨性足够
传动精度高

无（低）噪音的齿轮

精度高？
齿轮修形？
塑料齿轮？

性价比高的齿轮

曹生，质量就按这个来；
你看，这个价格能不能再低点？



机械加工（滚/铣/磨等）



粉末冶金



注塑



3D打印

强度/寿命

传动精度

生产效率低

通用性

不耐腐蚀

单件生产

耐高低温

噪音大

成本高

金属齿轮适合工况：

- (1) 高强度要求
- (2) 高传动精度要求
- (3) 恶劣环境
- (4) 单件/小批

噪音低

耐腐蚀

传动精度低

成本低

强度低

耐温差

无需润滑

寿命低

不耐老化

塑料齿轮适合工况：

- (1) 强度要求不高
- (2) 传动精度要求低
- (3) -40~180度情况
- (4) 大批量生产情况
- (5) 低噪音情况
- (6) 低成本的情况
- (7) 无油工况
- (8) 耐腐蚀工况

- ✓ 静音
- ✓ 耐腐蚀
- ✓ 重量轻
- ✓ 零部件整合
- ✓ 可重现性好
- ✓ 成本低
- ✓ 设计自由度高

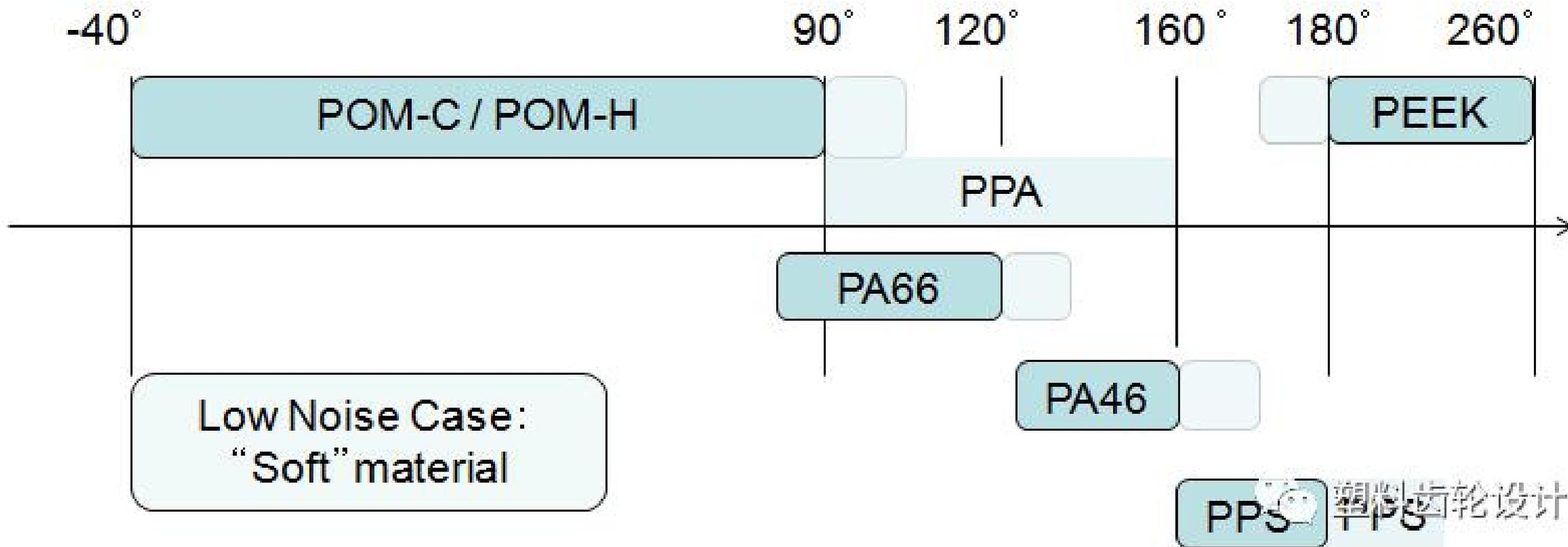
- X 承载能力仅有金属的 $1/10\sim 1/2$
- X 高疲劳周期 \geq 一亿次
- X 高温下工作 ≥ 230 度时



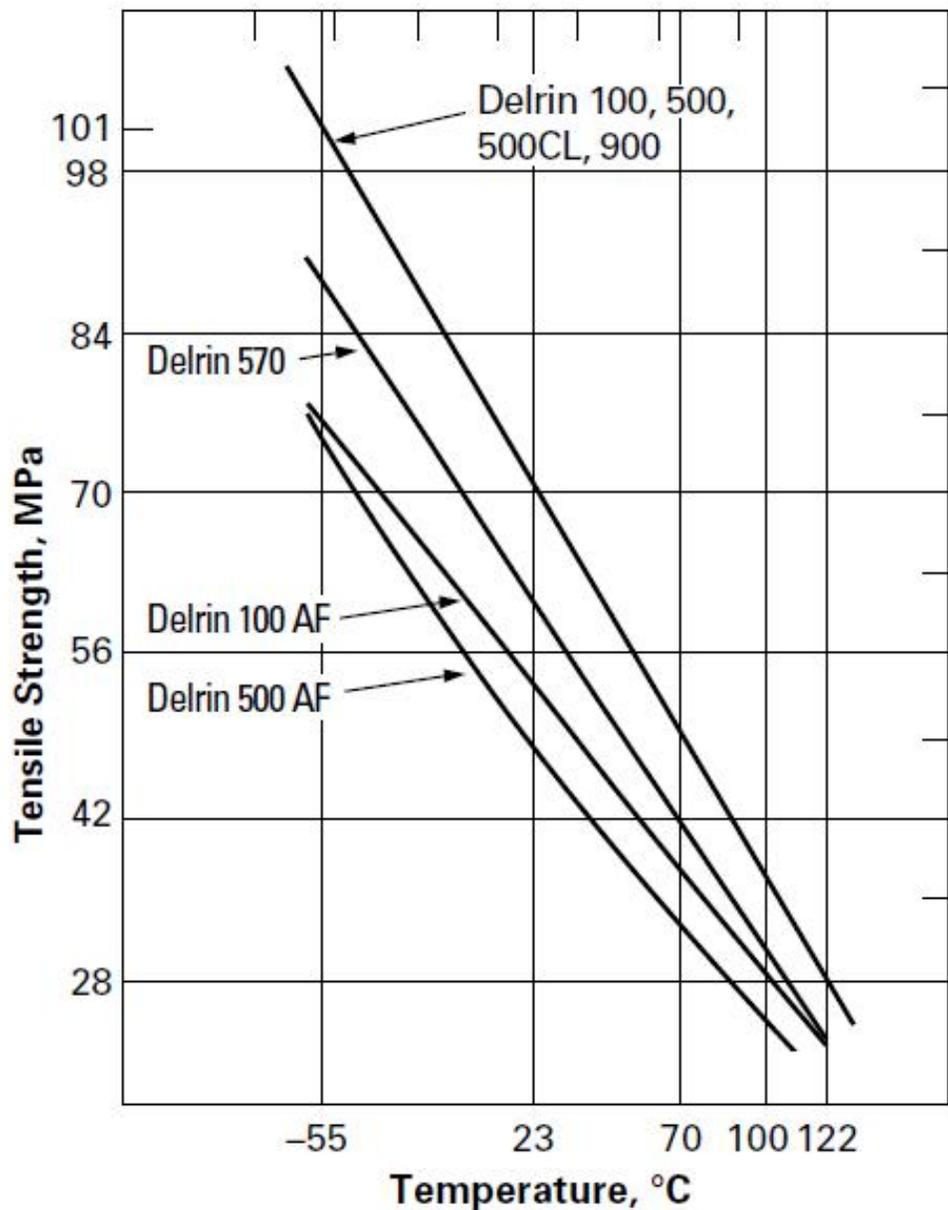


- POM-C
- POM-H
- PA66
- PA66 GF

- PA46
- PA46 GF
- PPS GF
- PPA GF
- PEEK GF
- PEEK CF

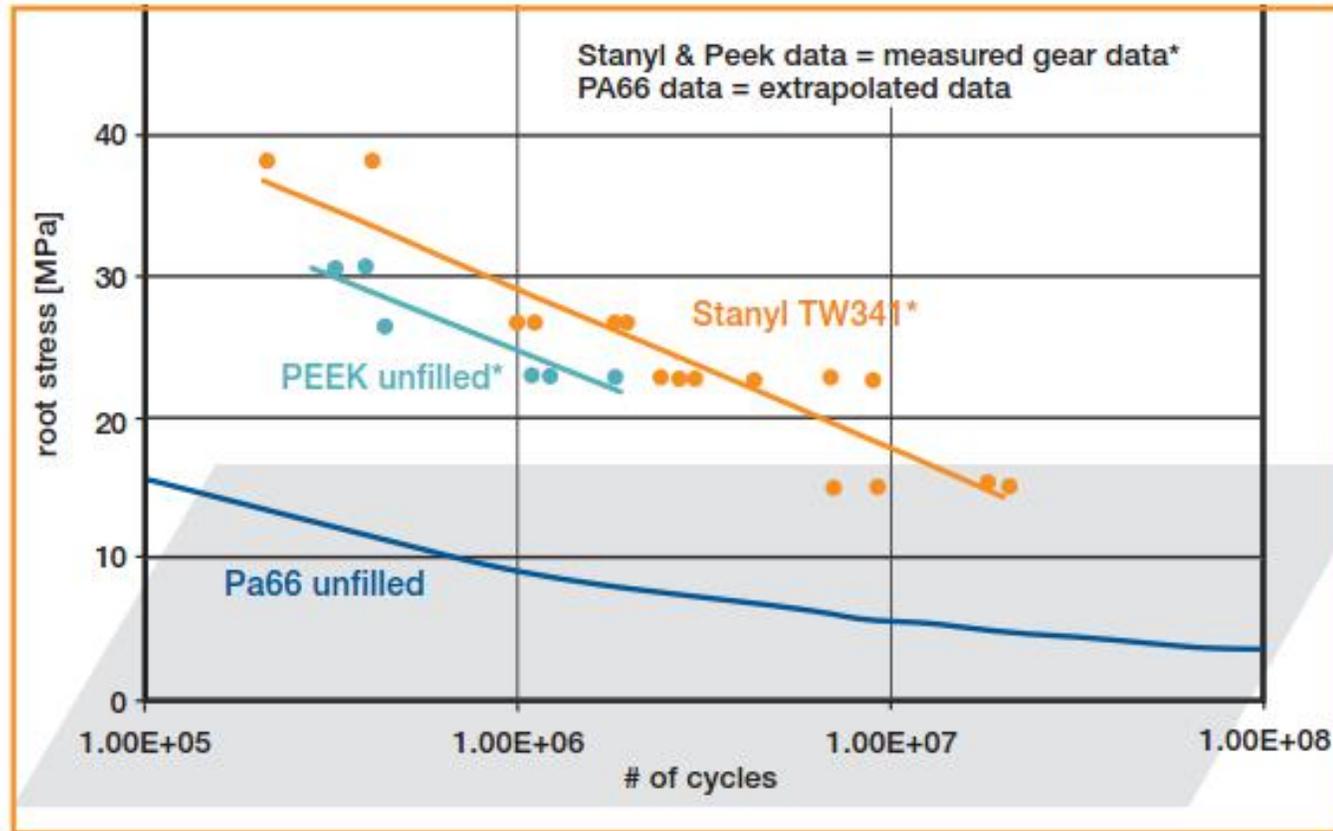


Polymer	Tm [°C]	Tg [°C]	吸水率 [%]	吸湿率 [%]	热变形温度 [°C]	长期使用温度 [°C] @ 5.000h
PA 12	180	49	1,3-1,7	0,7-1,1	50	80
POM	166	ca. -65	0,65	0,2	106	90
PA 66	255	70	8-9,5	2,5-3,1	75	125
PA 46	295	75	13,5	3,7	190	175
PA6T/66 GF30	310	95	5	1,8	280	160
PA6T/6I GF30	325	130	3	1,3	285	180
PES GF30	\	225	1,5	0,5	\	180
PPS GF40	278	93	0,03	\	260	220
PEEK	340	143	0,5	0,1	152	250
PEEK GF30	340	143	0,1	0,1	315	260

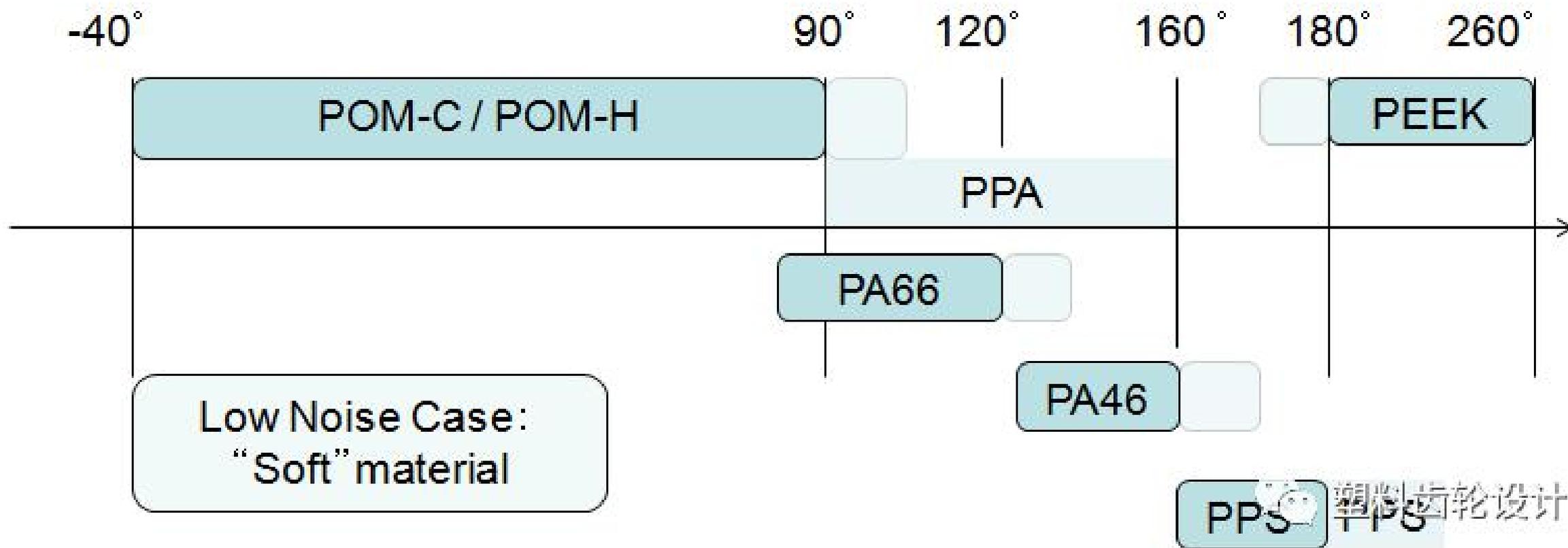


- 随温度上升，POM强度直线下降；
- PA类材料下降较慢，尤其是100度~180度时；
- PEEK在250度前下降较慢；
- 材料的玻璃化转换温度附近，性能下降较剧烈；

Fatigue resistance at 140°C with oil lubrication.



- PA46 在所有材料中耐磨性最好@POM/PA66/PA46/PEEK;
- 120~180度之间, PA46 比PA66 强度高50%以上;



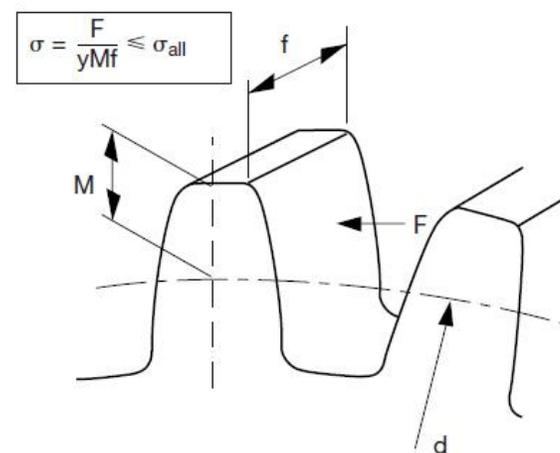
$$F = 2000 T / d$$

$$\sigma = F / (y M f) \quad (\text{MPa})$$

$$y = \text{tooth form factor}, \quad y = 0,25 z^{0,25}$$

$$f = \text{tooth width} \quad (\text{mm})$$

$$z = \text{number of teeth}$$



$$\sigma_n = \sigma_1 [1 - C_n \log(n)] \quad (\text{MPa})$$

σ_1 = fatigue strength for 10^6 cycles

$C_n = 0,20$ for ZYTEL[®] 101; = 0,22 for DELRIN[®]

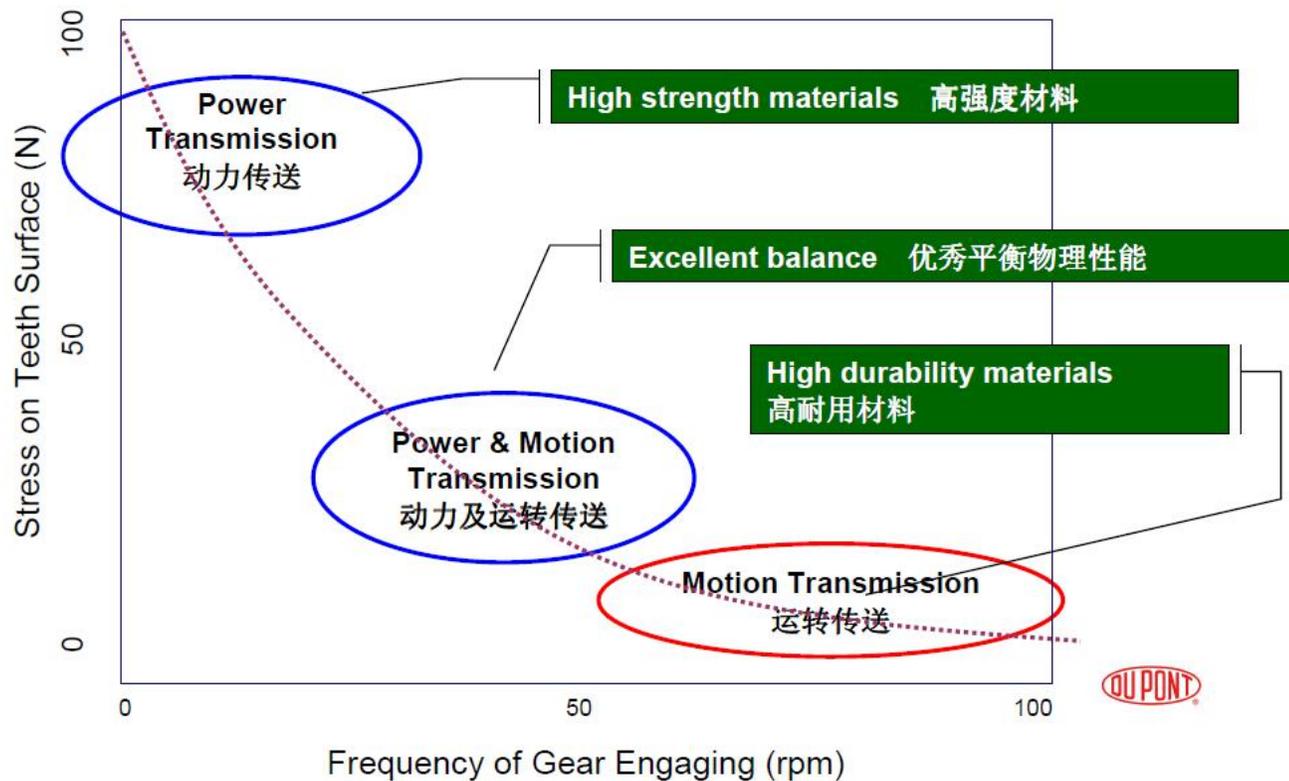
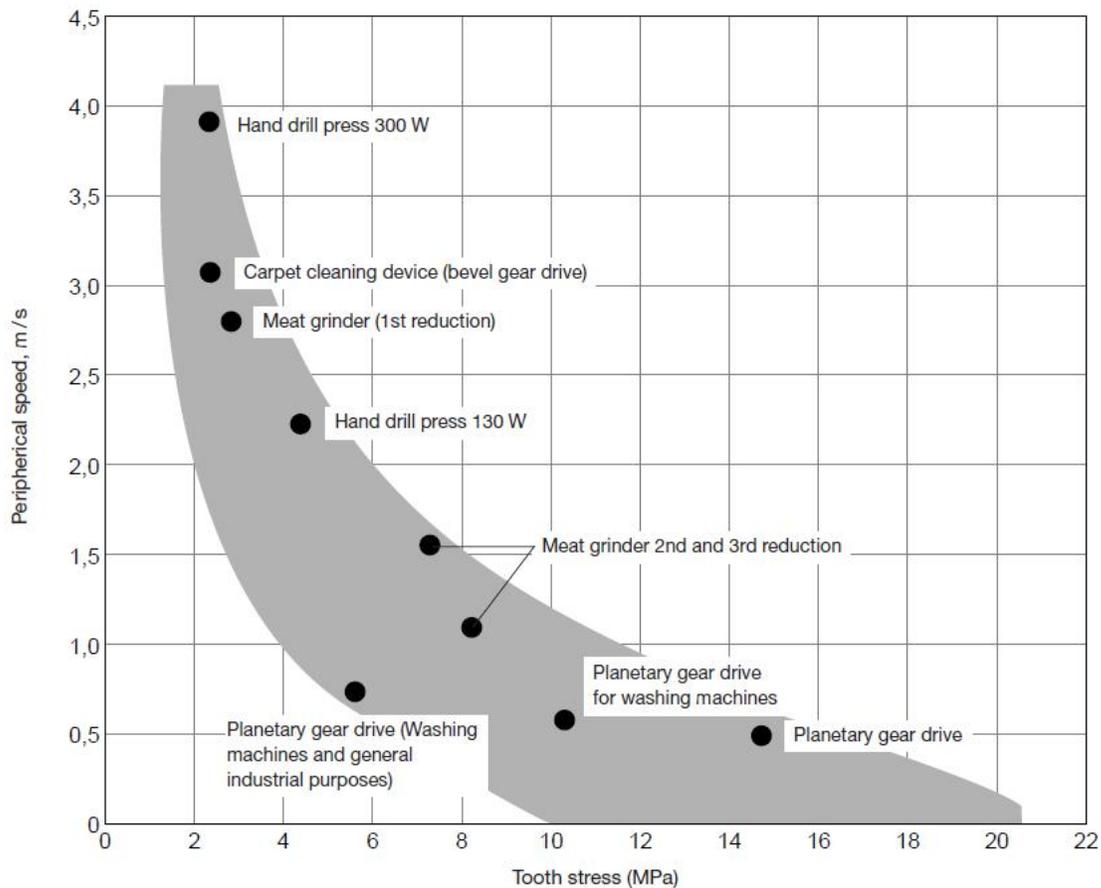
n = number of cycles in million

(industrial purposes: $n \geq 1000$)

$$\sigma_{all} = c_1 c_2 c_3 \sigma_n \quad (\text{MPa})$$

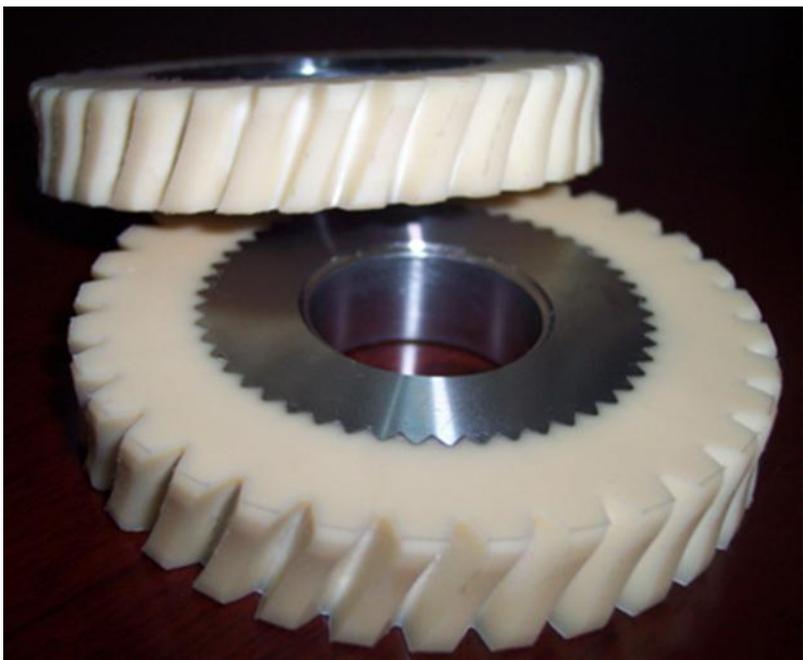
Fatigue Strength (σ_1) for DuPont gear materials for 10^6 cycles (MPa)

Material	Mating Material	Lubrication	
		Continuous	Initial
DELIN [®] 100	Steel	48	27
DELIN [®] 500	Steel	36	18
ZYTEL [®] 101	Steel	40	25
ZYTEL [®] 101	ZYTEL [®] 101		18



- 低的刚度的齿轮，噪音较低
- 强度较低的齿轮，噪音较低
- 滑移率较大的齿轮，如蜗轮蜗杆，噪音较低

1. Gear module	齿轮模数	>1
2. Tooth number	齿数	>100
3. Gear noise requirement	噪音要求	<45db
4. Gear revolution speed	转速	>5000rpm
5. Working cycles	循环次数	>1000 0000
6. Working time per cycle	工作时长	>1分钟
7. Working environment	工作环境	开
8. Cost	成本	过高（产量低于1万套）
9. Gear Precision	齿轮精度	高于或者等于国标9级别



- 齿数多，齿轮大
- 齿轮大，吸水后尺寸变化大
- 尺寸变化大，齿轮容易卡死





Perspective



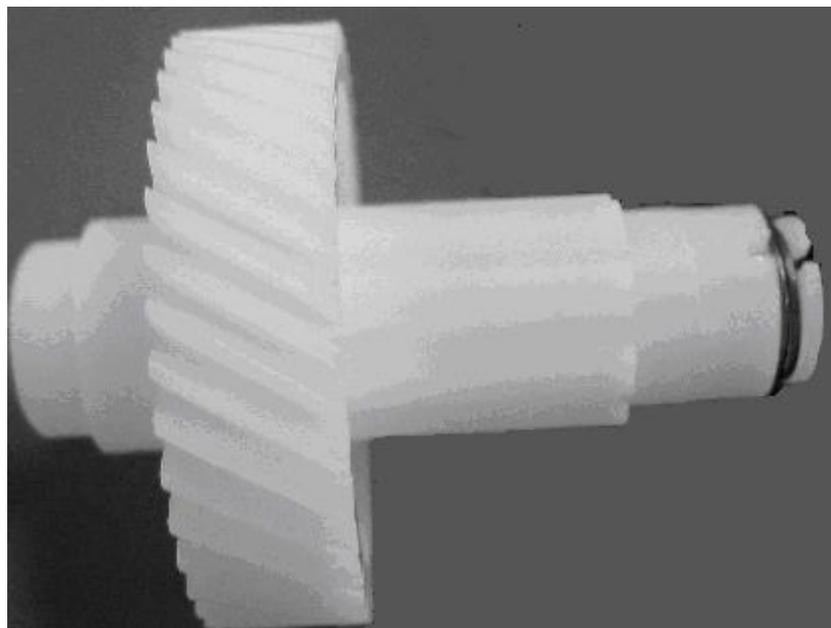
转速高，则噪音大，因此不能加玻纤/碳纤维
转速高，容易发热，不能加玻纤碳纤维

- PA46 GF30/GF50
- PA66GF43/GF50

所有的启动电机齿轮，都可以用PA66齿轮替代掉现有的PA46齿轮。



- POM
- 工作时间长，不能加玻纤碳纤维



Polymer	Tm [°C]	Tg [°C]	吸水率 [%]	吸湿率 [%]	热变形温度 [°C]	长期使用温度 [°C] @ 5.000h
PA 46	295	75	13,5	3,7	190	175

封闭空间

高温环境/无水

噪音要求低

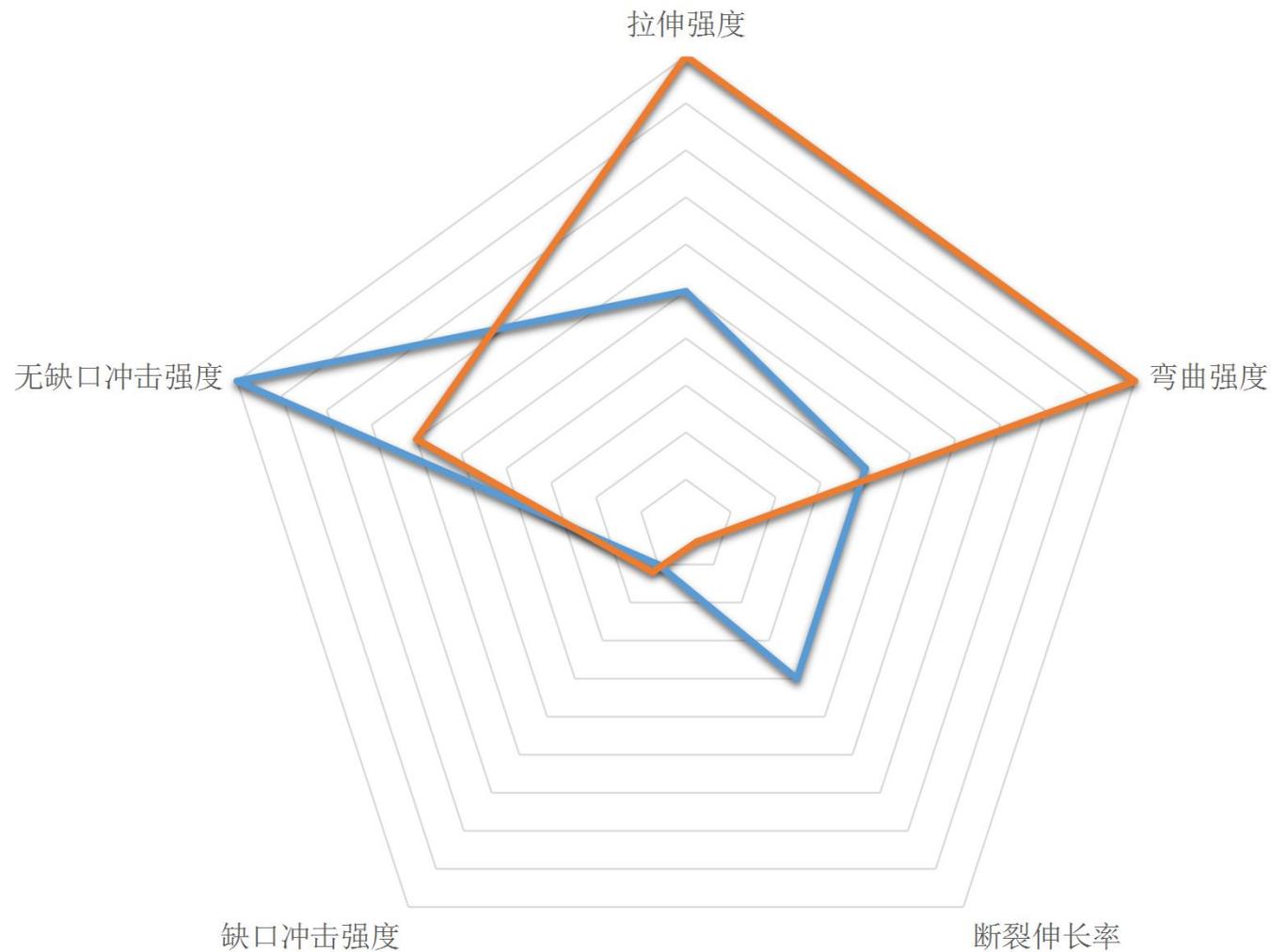
大间隙设计

iHF 齿轮学院

- 厨房家电（咖啡机，搅拌器，料理机）
- 家电类（吸尘器，扫地机器人等）
- 电动自行车产品（行星齿轮居多）
- 办公用品（碎纸机，打印机，复印机）
- 个人护理类（剃须刀，按摩椅）
- 汽车类产品（见下页）

- 电动车窗
- 电动天窗
- 雨刷
- 电动座椅（三方向）
- 出风口风向控制
- 后视镜驱动
- 电动门锁
- 电动脚踏板
- 电动外扶手
- 启动电机
- 电动助力转向
- 随灯转向
- 电动尾门
- 电子节气门ETC
- 热管理控制系统、电池冷却系统
- 尾气再循环旁通阀控制WGA
- 尾气再循环控制EGR
- 可变喷嘴涡轮增压器VNT
- 电子离合器（手动变自动）
- 电子手刹
- 电子脚刹

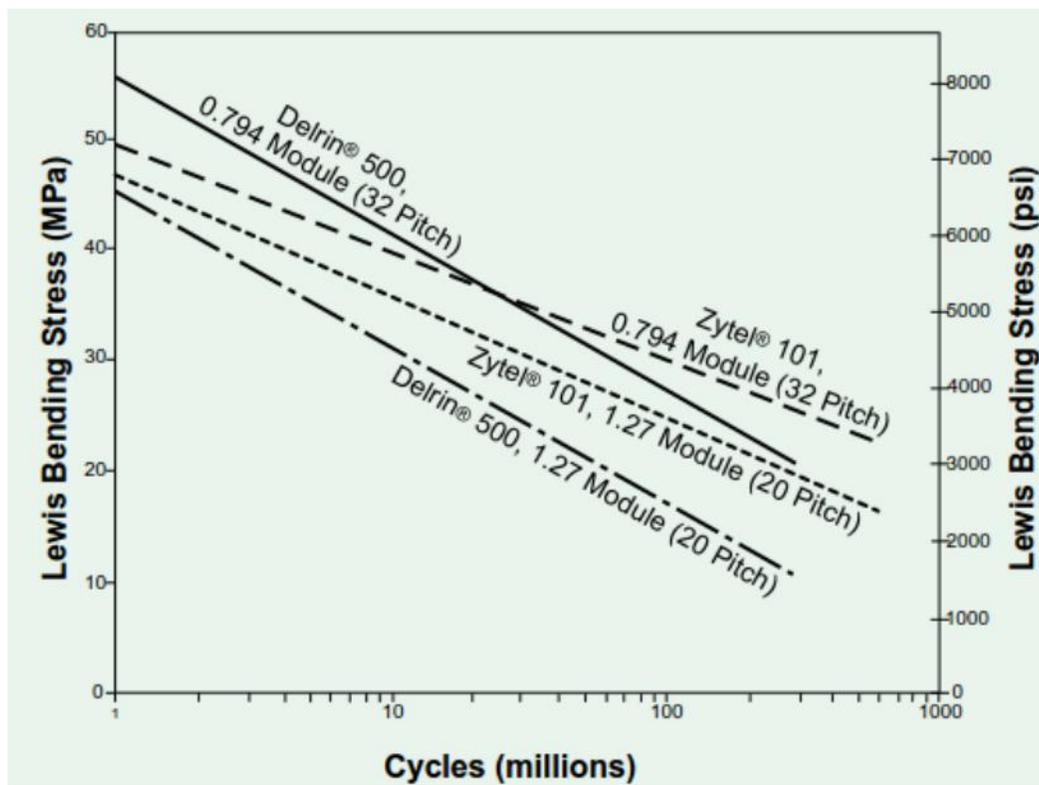
— 纯料规格 — 玻纤填充规格



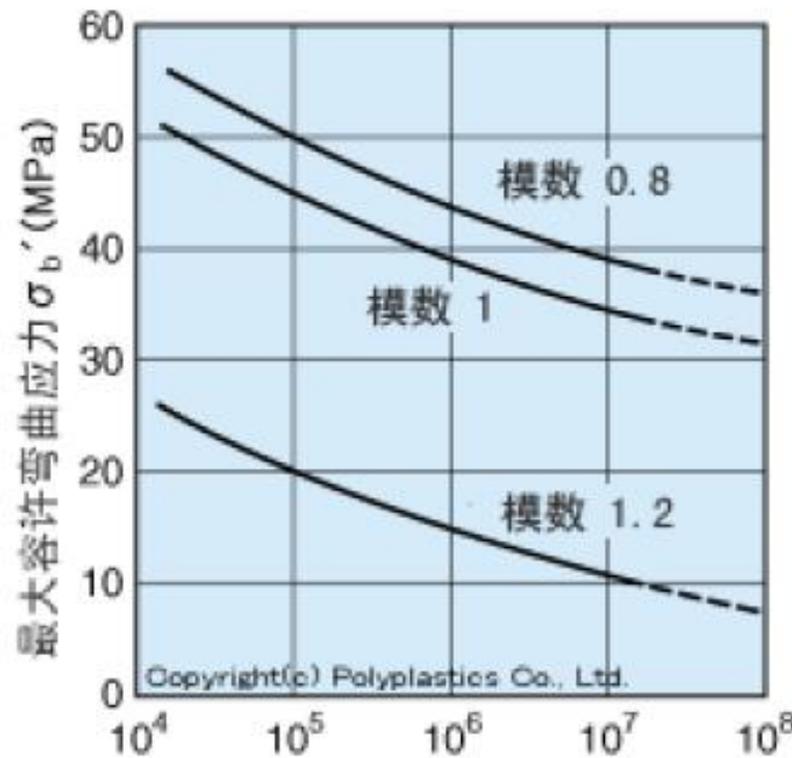
条件	干态			湿态		
材料种类	PA66/GF/50	PA66/CF/20	PA66/CF/20/opt	PA66/GF/50	PA66/CF/20	PA66/CF/20/opt
拉伸强度	240	280	280	180	210	235
断裂伸长率	2,5	2,6	2,9	3,5	3	3,5
杨氏模量	16,8	20,6	19,2	12,5	15,1	16,8
无缺口冲击	95	80	85	100	85	95
密度	1,56	1,23	1,23	1,55	1,22	1,22

Fatigue Performance for unfilled POM VS PA66

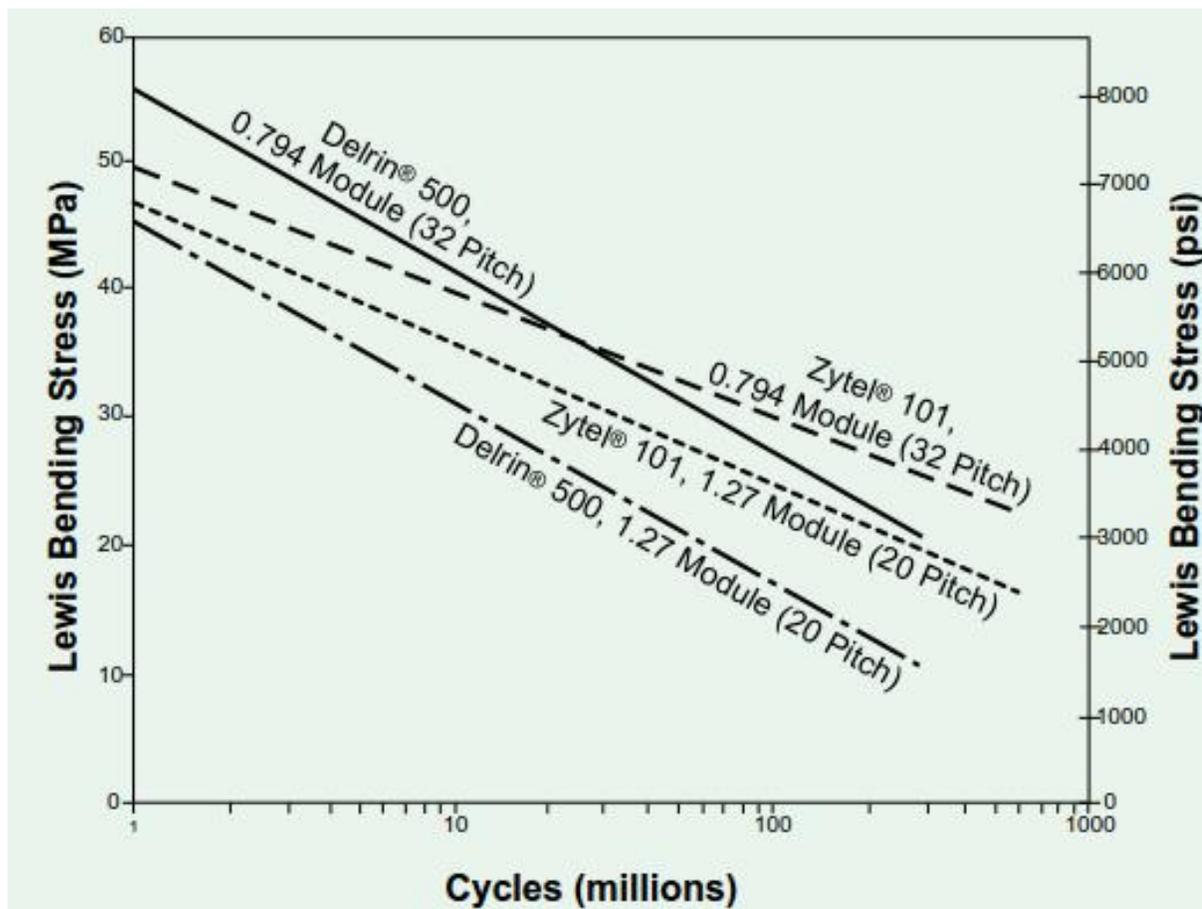
POM-H



POM-C



- 模数大于1，PA66优于POM；



案例

- 调节座椅高度；
- 蜗轮蜗杆传动
- 工作温度-40~80度



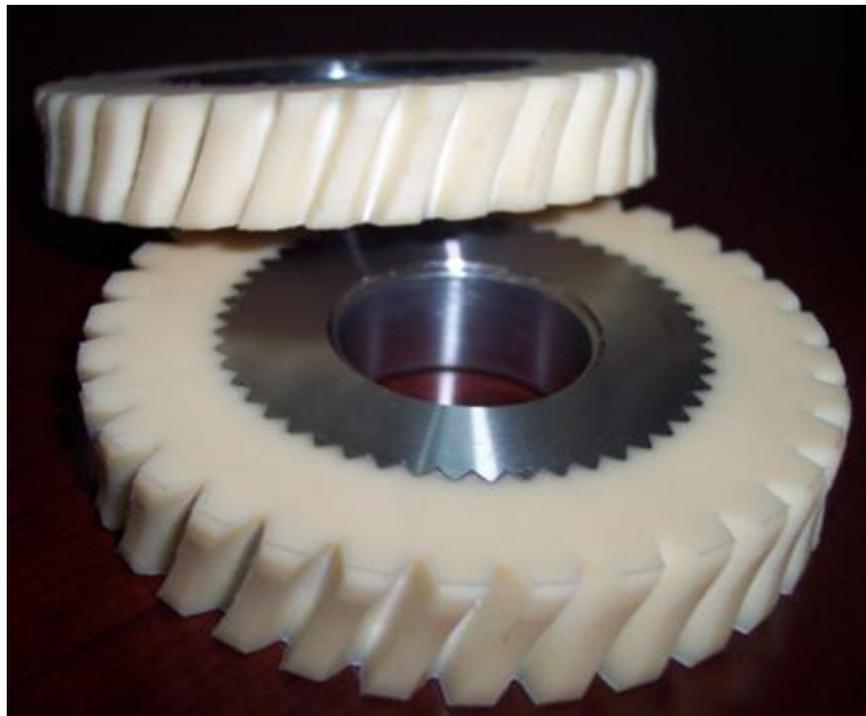
- 调整座椅角度
- 蜗轮蜗杆+平行轴齿轮
- 温度-40~80度

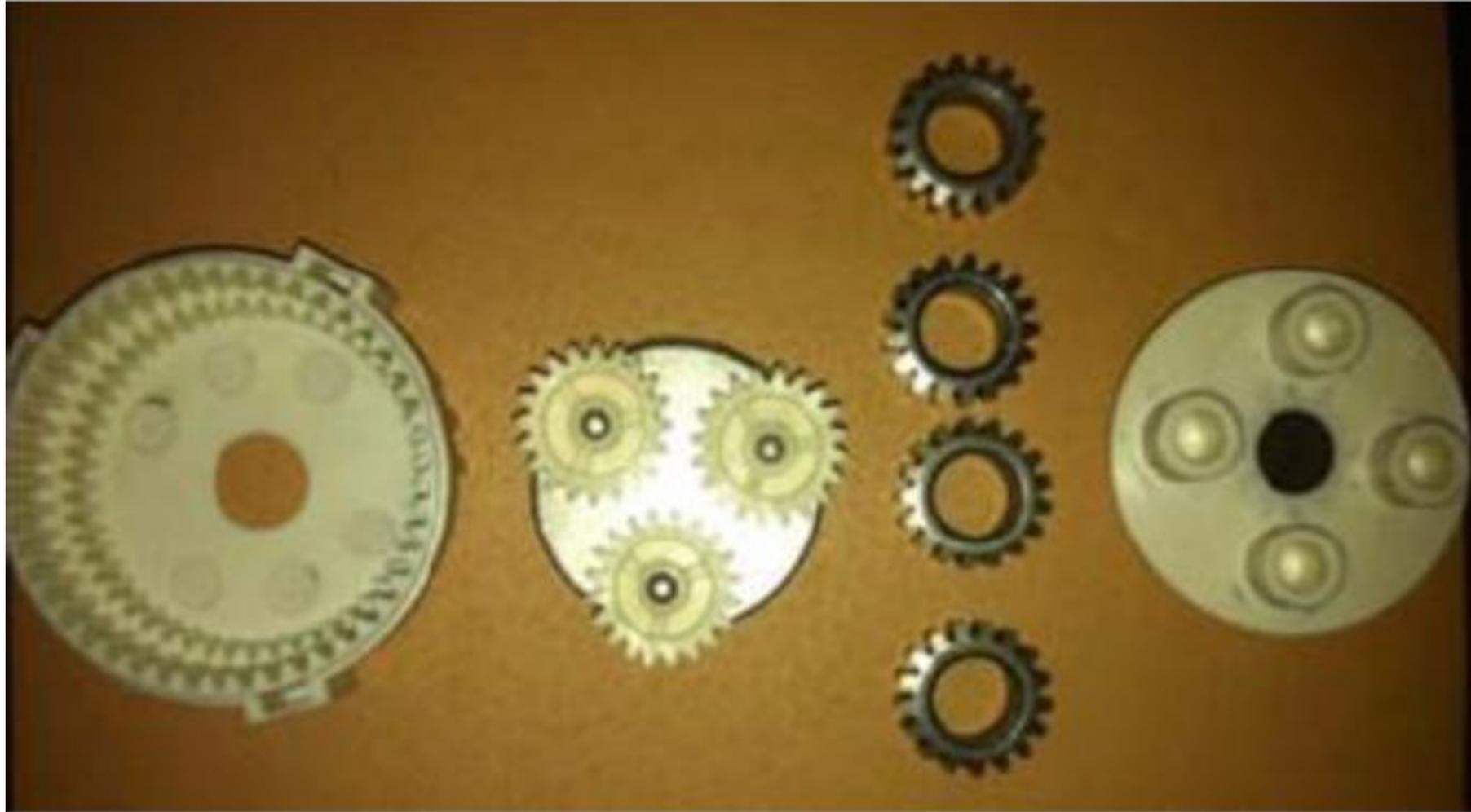


- 发动机点火的启动电机
- 工作温度-40~90度
- 模数一般为1或者1.25
- 寿命 5万次

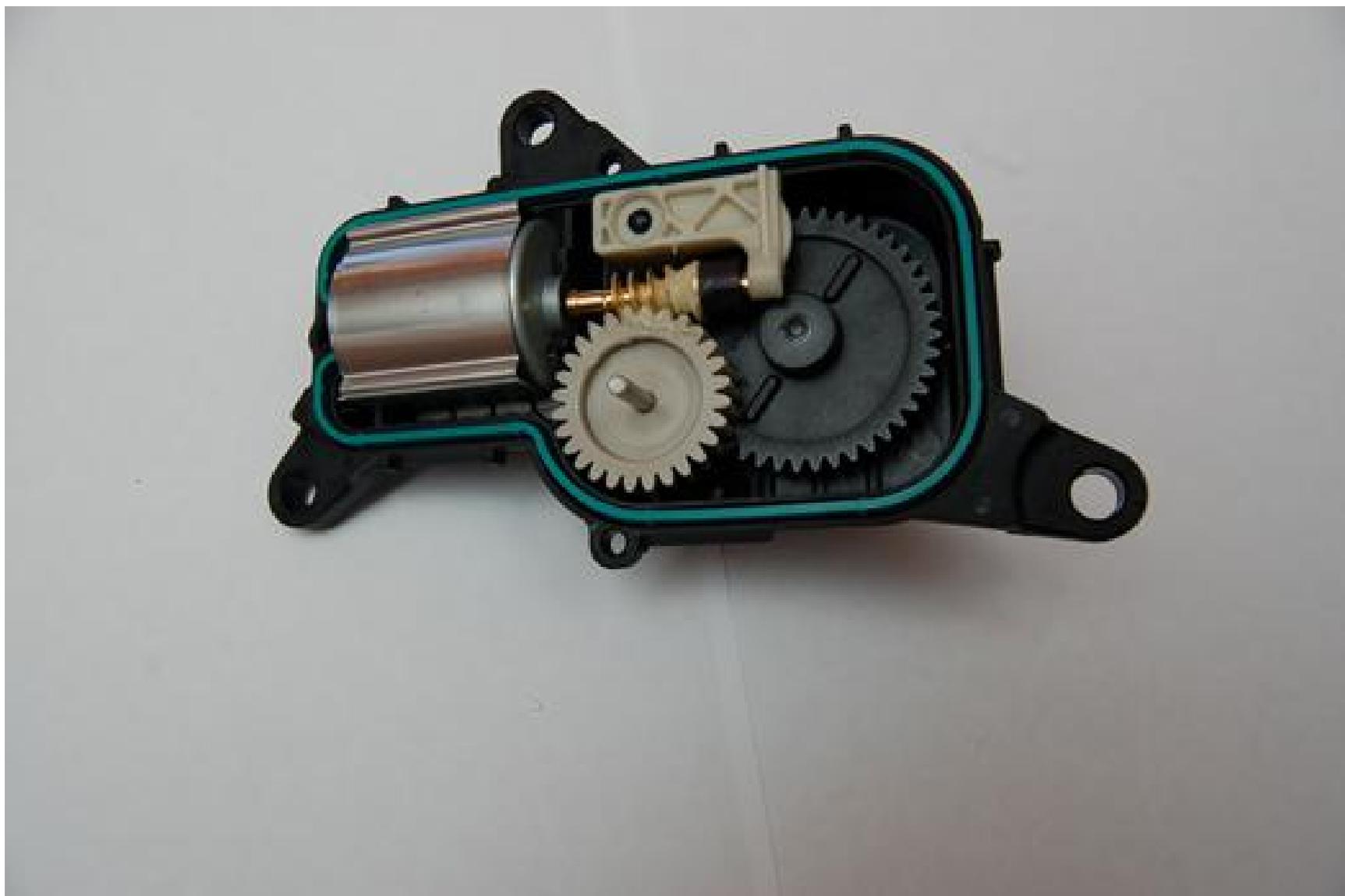


- 方向盘助力齿轮
- 工作次数100万次;
- 扭矩30~90N.m
- 温度-40~120度



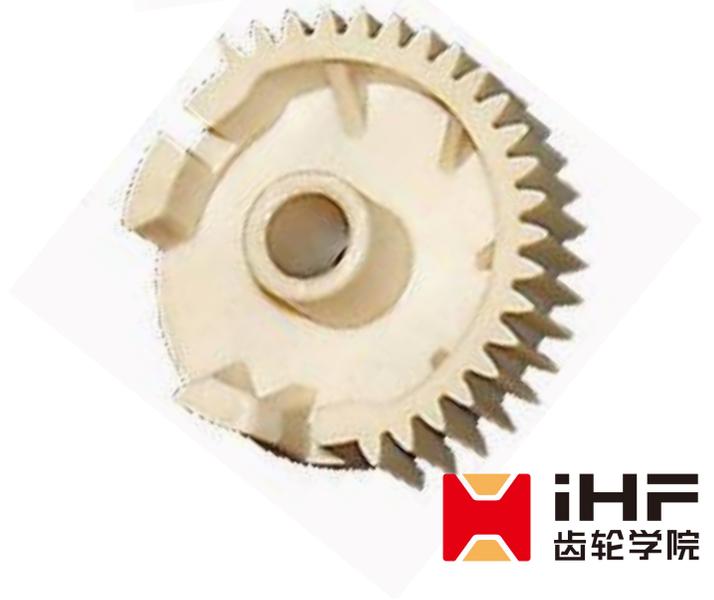














HVCC/CSA Diesel EGR



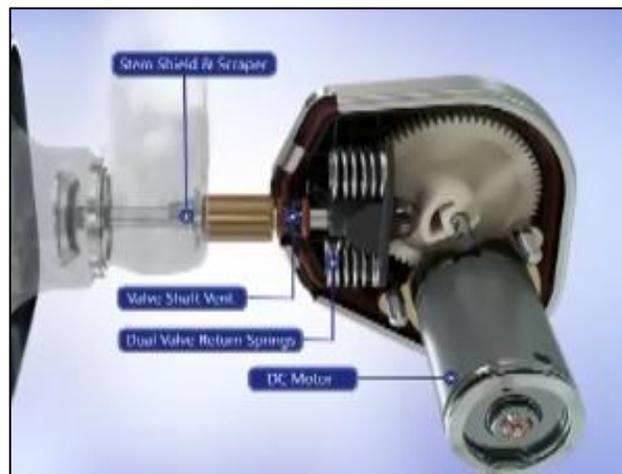
Denso Diesel EGR



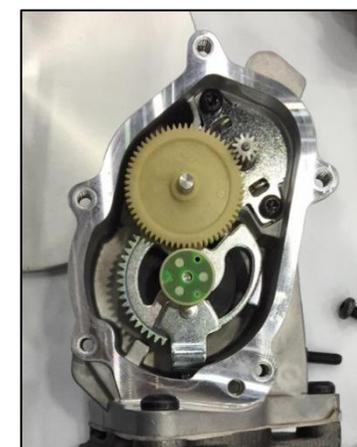
Pierberg



Pierburg Diesel EGR



BorgWarner GDI EGR



BorgWarner Diesel EGR

Continental



Hanon



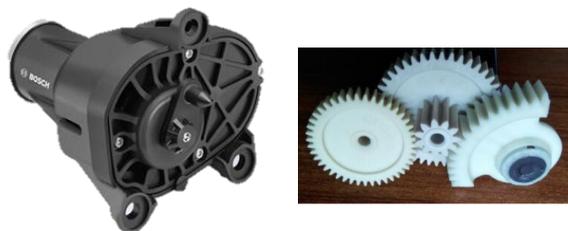
Hella



MAHLE



BOSCH



Delphi



Delphi BA7 High Value Medium Duty (HVMD) Actuator

MELCO



Rotary



Linear

Thanks!

Shenzhen Longhua District Road No. 16 An Hongji waves of Creative Industrial Park building C.

深圳市龙华新区大浪创艺路16号安宏基工业园C栋

T - 18929357195 E - 2850623673@qq.com

www.hefagear.com

www.szhfcl.com

www.hefacd.com

深圳市合发齿轮机械有限公司
Shenzhen HEFA Gear Machinery Co.,Ltd.



合发齿轮微信公众号



iHF 齿轮学堂