



APEX

齒排與齒輪 技術手冊

機密文件！ 僅限**APEX**代理！

APEX DYNAMICS, INC.
2016.11.



內容

1. 齒排簡介	2
2. 齒排的物理與技術	5
3. APEX 齒排品質規範	20
4. 高周波硬化處理	27
5. APEX 齒排規格	41
6. APEX 齒輪簡介	71
7. 齒排與齒輪的選擇	86
	頁數



1. 齒排簡介

1. 工業趨勢 (特別在精密自動化設備 與 CNC 數控機床領域)

1-1. 齒排的功能已從單純的位移或動力傳輸轉換到精確定位。應用高精度齒排，即使沒有搭配光學尺或線性標尺亦能精確定位。

1-2. 取代滾珠螺桿

在齒排應用上的移動速度比滾珠螺桿快很多。而且較長滾珠螺桿的中間段容易產生下垂，不利於高速且平順的運動。

滾珠螺桿有長度上的限制，而齒排可以任意拼接成各種長度。

滾珠螺桿僅靠兩端點懸掛於機台上，而齒排是完全接觸安裝在機床上。

故齒排與機床熱膨脹效應較同步，滾珠螺桿則否。

齒排容易潤滑，有更長的使用壽命。

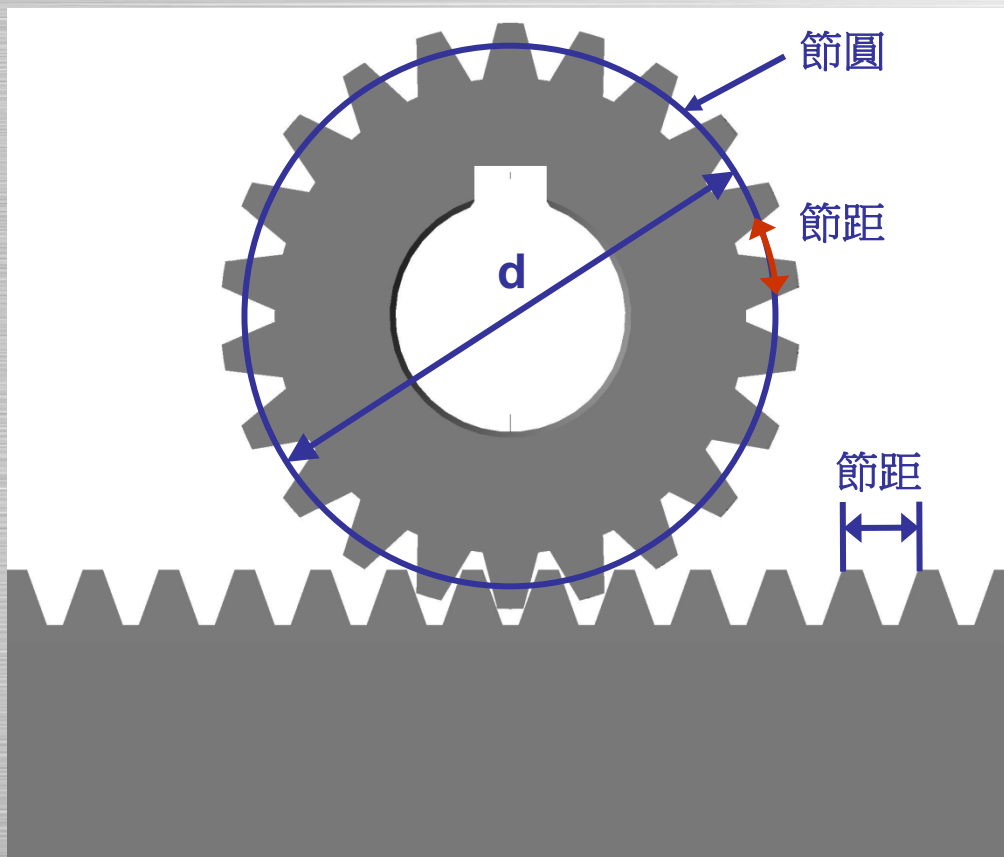
2. 工業要求

高精度、高速度、高強度、低噪音及高耐磨性



1. 齒排簡介

齒排模數



z = 齒數

d = 節圓直徑

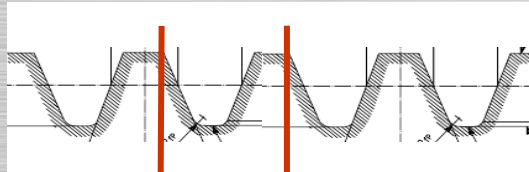
模數 **M** = d / z

節距 **P** = $(d \times \pi) / z = \pi \times M$

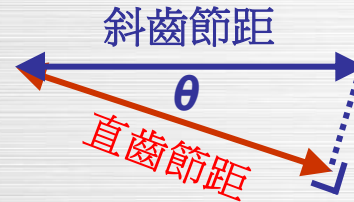
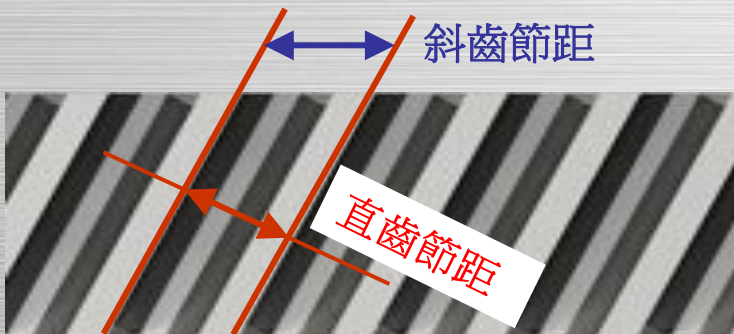
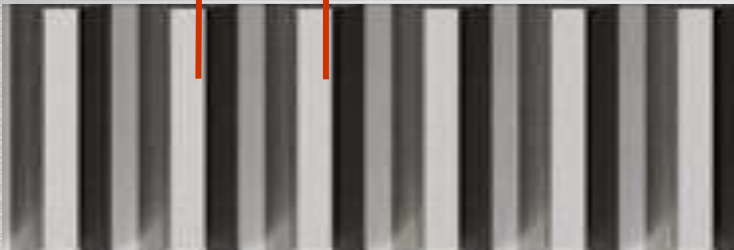


1. 齒排簡介

齒排節距計算



直齒節距



$$\text{斜齒節距 } P_H = \frac{\text{直齒節距 } P_s}{\cos \theta}$$

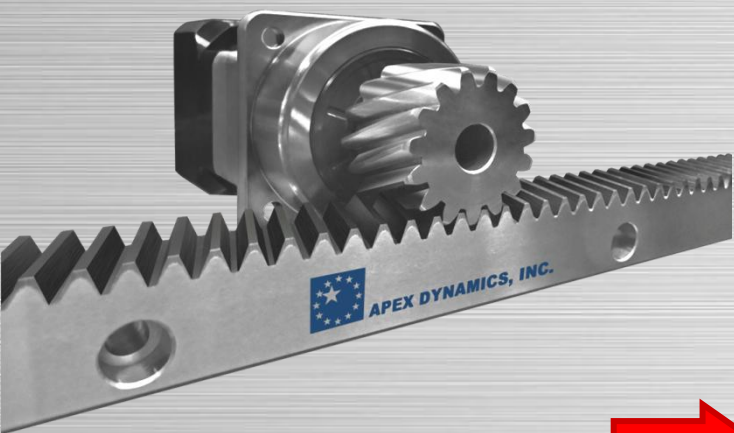
$$\theta = 19^\circ 31' 42'' (19.5283^\circ)$$

$$\begin{aligned} P_{HM3} &= \frac{P_{SM3}}{\cos (19.5283^\circ)} \\ &= \frac{\pi \times 3}{\cos (19.5283^\circ)} \\ &= 10.000014 \text{ mm} \end{aligned}$$



2. 齒排的物理與技術

高精密齒輪 / 幾何公差要求範圍約為 **10 μm**



長型金屬棒的物理特性

熱膨脹	每 1°C 的溫度變化, 造成1000mm 金屬棒長度變化約 12 μm
齒面與平面的機械加工	加工時產生高熱, 造成內部應力, 導致扭曲變形
僅單邊有齒	幾何的不對稱性, 導致扭曲變形
熱處理與高周波硬化	導致扭曲變形



高精度齒條的重要要求:

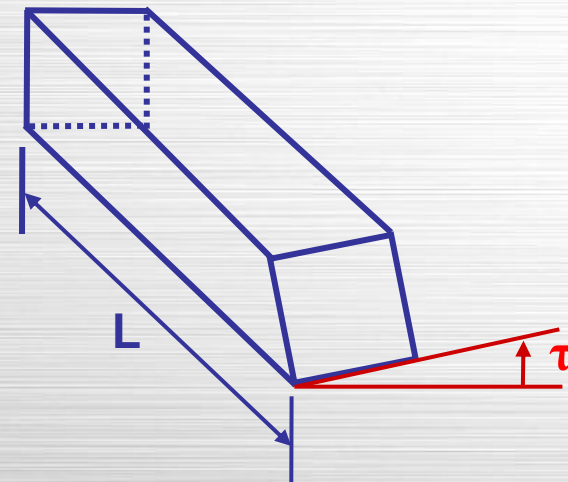
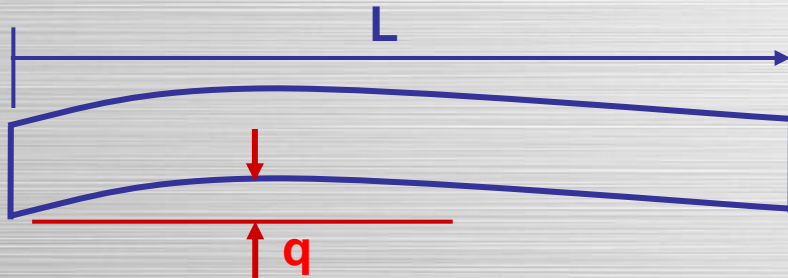
- 高幾何精度
- 熱處理及硬化處理



2. 齒排的物理與技術

幾何形狀

必要需求 與 原因	技術需求
<p>良好的真直度、低扭曲</p> <ul style="list-style-type: none">• 真直度影響壓力角、螺旋角的準確性• 影響齒排與齒輪的耦合• 影響節距誤差• 避免長期儲存後緩慢的內應力釋放而造成的彎曲扭轉。	<ul style="list-style-type: none">➢ 熱處理➢ 整直➢ 四面機械加工➢ 齒面銑削和研磨➢ 齒面高周波硬化

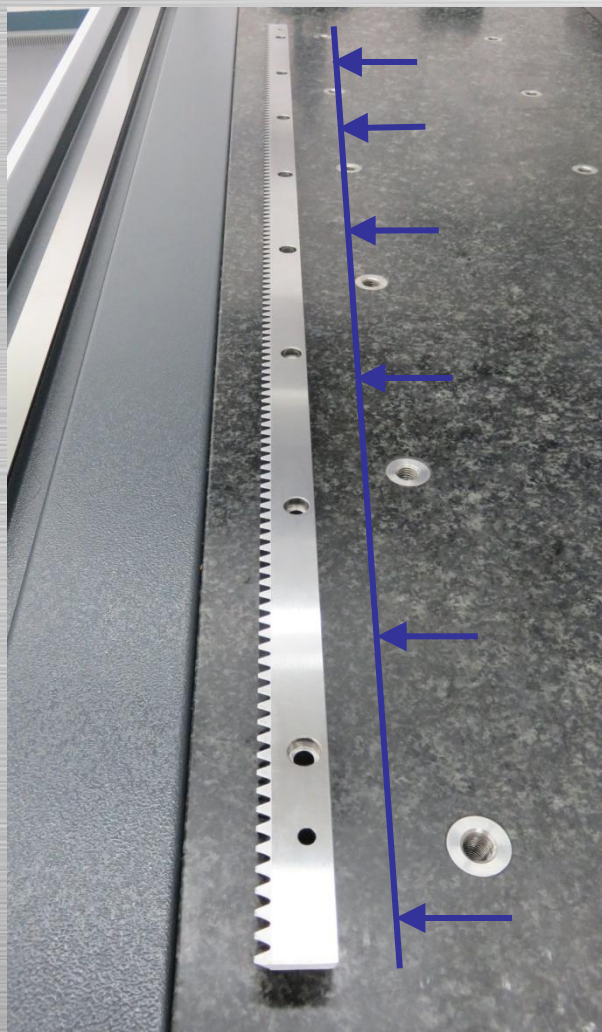




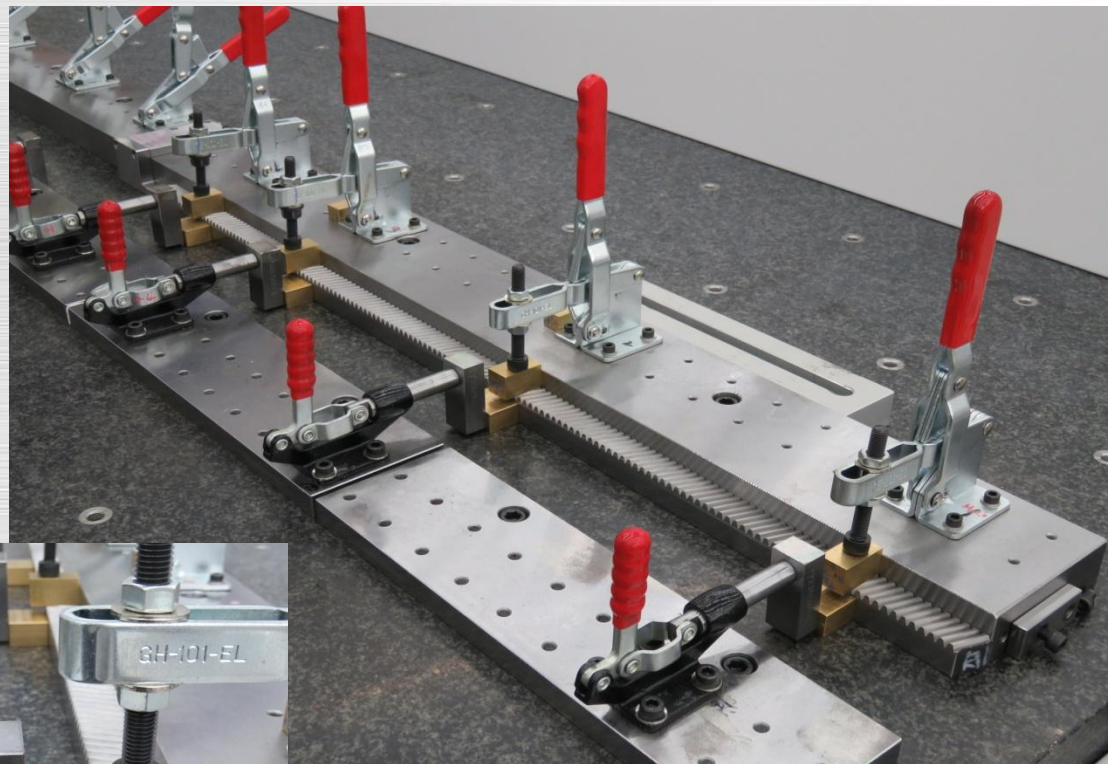
2. 齒排的物理與技術

幾何形狀 / 真直度

在自然狀態下量測



在平面固定狀態下量測



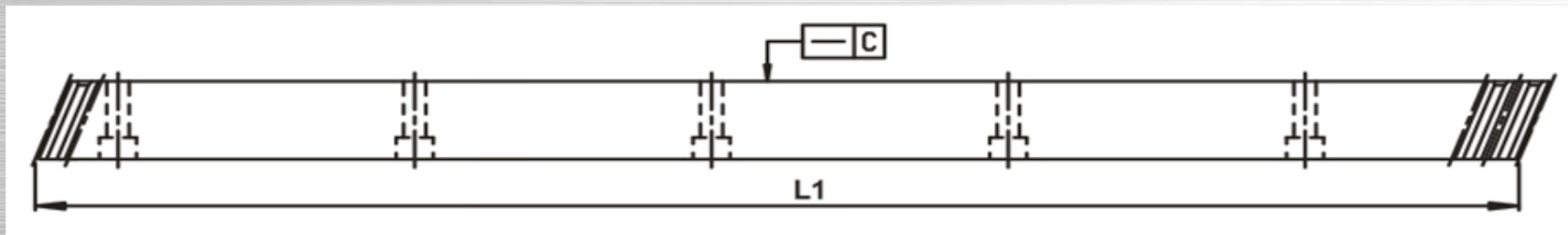
環境
20°C
!!





2. 齒排的物理與技術

真直度



APEX要求：

(mm)

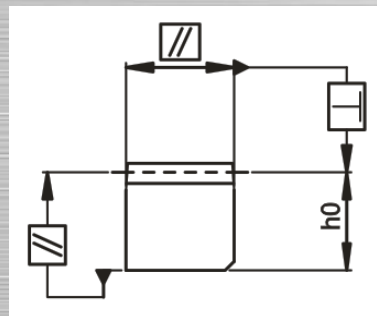
1000 mm 齒排	Q4 ~ Q6		Q7 ~ Q9		Q10	
	自然狀態	平面固定	自然狀態	平面固定	自然狀態	平面固定
M1 ~ M2, 銑削	-	-	0.45	0.05	0.5	0.08
M1 ~ M2, 研磨	0.4	0.02	-	-	-	-
M3 ~ M6, 銑削	-	-	0.45	0.05	0.5	0.08
M3 ~ M6, 研磨	0.3	0.02	-	-	-	-
M8 ~ M12, 銑削	-	-	0.45	0.05	0.5	0.08
M8 ~ M12, 研磨	0.25	0.02	-	-	-	-



2. 齒排的物理與技術

幾何形狀

必要需求 與 原因	技術需求
良好的平行度與垂直度 <ul style="list-style-type: none"> • 影響壓力角、螺旋角的準確性 • 影響齒排與齒輪的耦合 • 影響齒距誤差 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 熱處理 ➢ 整直 ➢ 四面機械加工 ➢ 齒面銑削和研磨 ➢ 齒面高周波硬化



APEX要求：

齒排精度		Q4 / Q5H / Q5		Q6		Q7		Q8 / Q9		Q10		(mm)
截面長度	> 10 ~ 16	0.004	0.006	0.006	0.010	0.010	0.015	0.015	0.025	0.025	0.040	
	> 16 ~ 25	0.005	0.008	0.008	0.012	0.012	0.020	0.020	0.030	0.030	0.050	
	> 25 ~ 40	0.006	0.010	0.010	0.015	0.015	0.025	0.025	0.040	0.040	0.060	
	> 40 ~ 63	0.008	0.012	0.012	0.020	0.020	0.030	0.030	0.050	0.050	0.080	
	> 63 ~ 100	0.010	0.015	0.015	0.025	0.025	0.040	0.040	0.060	0.060	0.100	
	> 100 ~ 160	0.012	0.020	0.020	0.030	0.030	0.050	0.050	0.080	0.080	0.120	

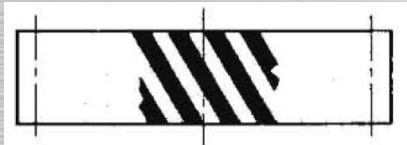


2. 齒排的物理與技術

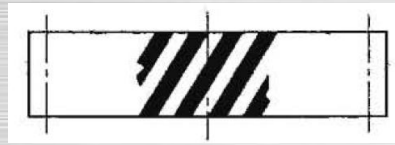
幾何形狀

必要需求 與 原因	技術需求
<p>精準的壓力角 α 和螺旋角 β</p> <ul style="list-style-type: none">• 優化與齒輪的咬合• 優化傳輸扭矩和進級力• 適合高轉速、低噪音、低磨耗及更長的使用壽命	<ul style="list-style-type: none">➢ 熱處理➢ 整直➢ 四面機械加工➢ 齒面銑削和研磨➢ 齒面高周波硬化

左旋



右旋

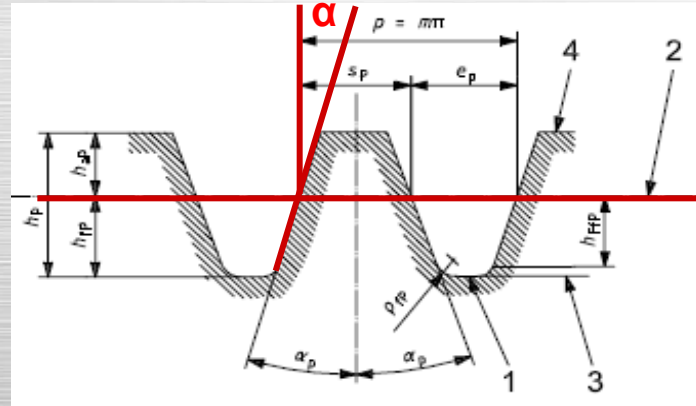
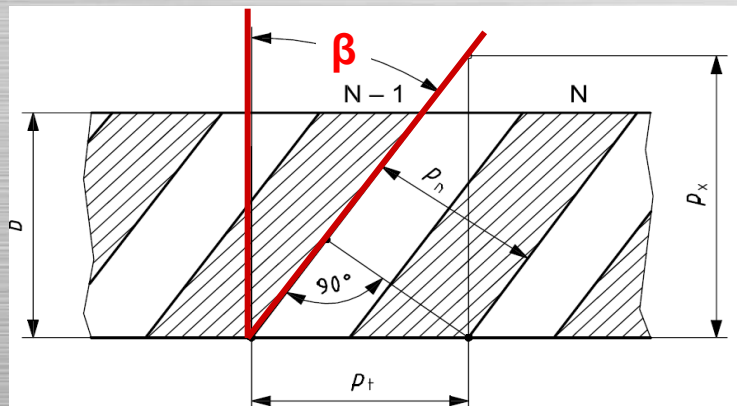


$\alpha = 20^\circ$

$\beta = 19^\circ 31' 42'' (19.5283^\circ)$

0° (直齒)

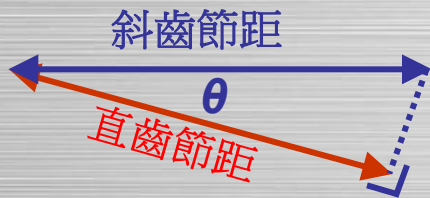
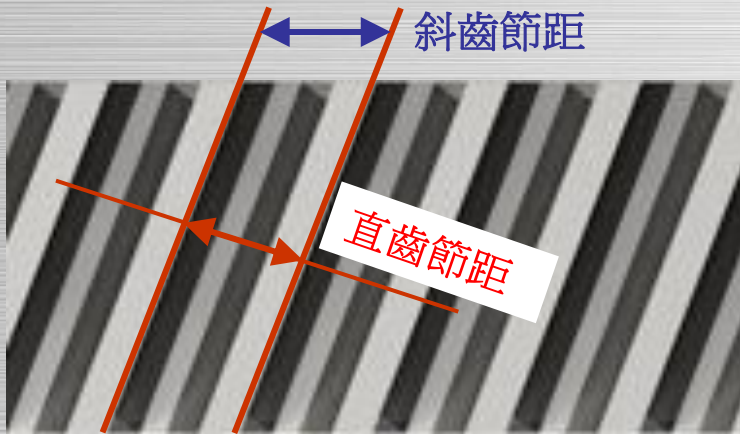
標準





2. 齒排的物理與技術

為甚麼斜齒螺旋角 = $19^{\circ}31'42''$ (19.5283°) ??



$$\text{斜齒節距 } P_H = \frac{\text{直齒節距 } P_s}{\cos \theta}$$

$$\beta = 19^{\circ}31'42'' (19.5283^{\circ})$$

$$P_{HM3} = \frac{P_{SM3}}{\cos(19.5283)} = \frac{\pi \times 3}{\cos(19.5283)} = 10.000014 \text{ mm}$$

齒數

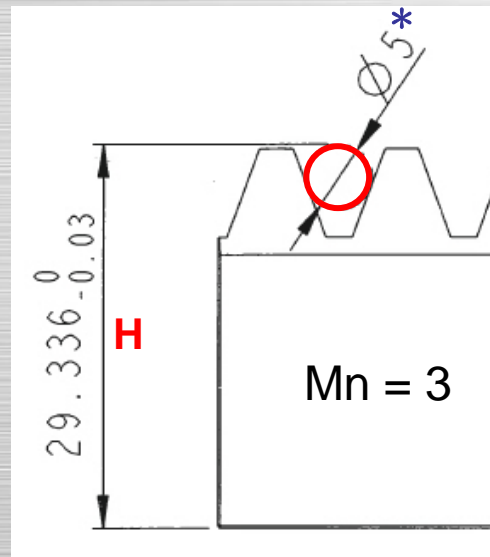
$P_{HM6} = 20.00003 \text{ mm}$	$\times 50 = 1000.0015 \text{ mm}$
$P_{HM12} = 40.00006 \text{ mm}$	$\times 25 = 1000.0015 \text{ mm}$
$P_{HM2} = 6.66668 \text{ mm}$	$\times 150 = 1000.0020 \text{ mm}$
$P_{HM4} = 13.33335 \text{ mm}$	$\times 75 = 1000.0013 \text{ mm}$
$P_{HM8} = 26.66670 \text{ mm}$	$\times 36 = 960.0012 \text{ mm}$
$P_{HM5} = 16.66669 \text{ mm}$	$\times 60 = 1000.0014 \text{ mm}$
$P_{HM10} = 33.33338 \text{ mm}$	$\times 30 = 1000.0014 \text{ mm}$



2. 齒排的物理與技術

幾何形狀

必要需求 與 原因	技術需求
<p>精準的跨銷高度(跨銷厚) H</p> <ul style="list-style-type: none">• 精準齒形的量測表現• 優化與齒輪的咬合• 影響齒排與齒輪間的背隙	<ul style="list-style-type: none">➤ 熱處理➤ 整直➤ 四面機械加工➤ 齒面銑削和研磨➤ 齒面高周波硬化



* 圓銷直徑依模數不同而選擇



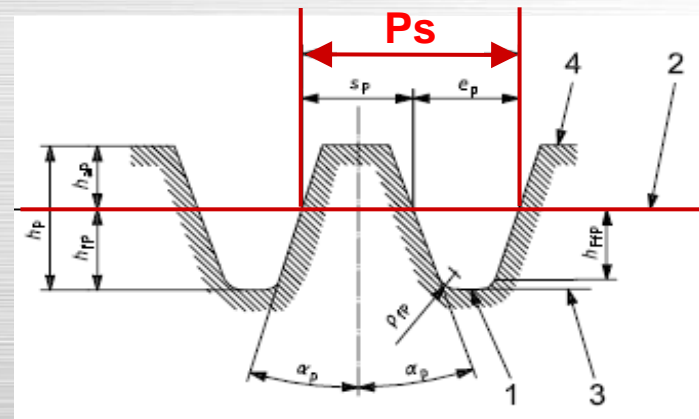
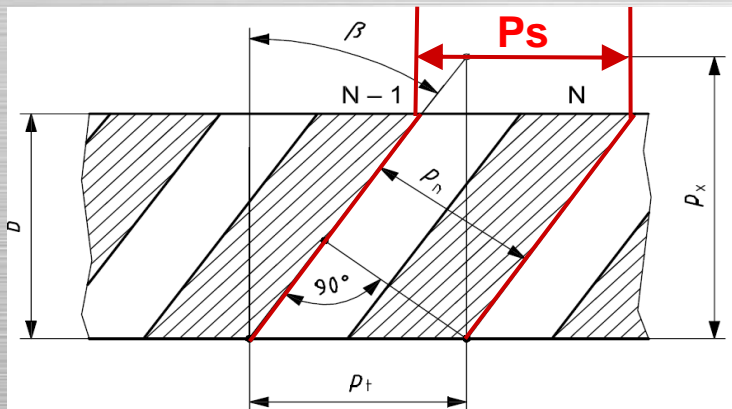
2. 齒排的物理與技術

幾何形狀

必要需求 與 原因	技術需求
<p>低單齒節距誤差 E_s / 低總節距誤差 E_t</p> <ul style="list-style-type: none">• 優化齒排與齒輪的咬合• 低噪音、低磨耗和更長的使用壽命• 高定位精度• 影響背隙	<ul style="list-style-type: none">➢ 熱處理➢ 整直➢ 四面機械加工➢ 齒面銑削和研磨➢ 齒面高周波硬化

總節距誤差 E_t 是從齒排第一齒到最後一齒量測取得

單齒節距

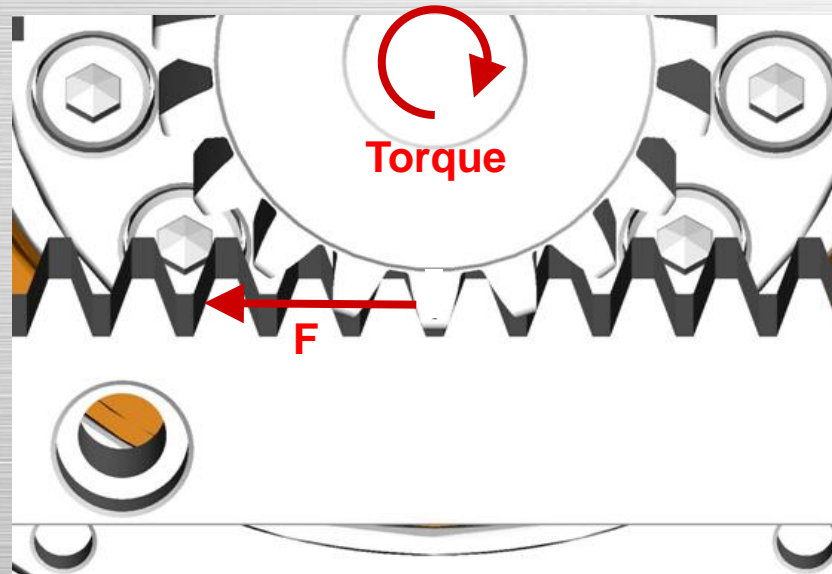




2. 齒排的物理與技術

熱處理和硬度

必要需求 與 原因	技術需求
<p>剛性 / 材料強度</p> <ul style="list-style-type: none">• 與齒輪咬合時不會變形• 高齒排強度, 高齒面強度• 高扭矩或高進給力的傳輸• 高速、低磨耗和更長的使用壽命	<ul style="list-style-type: none">➤ 熱處理➤ 齒面高周波硬化

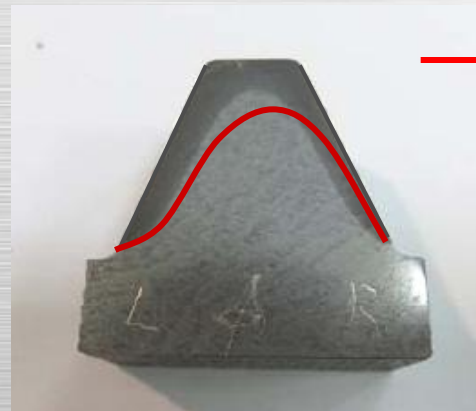
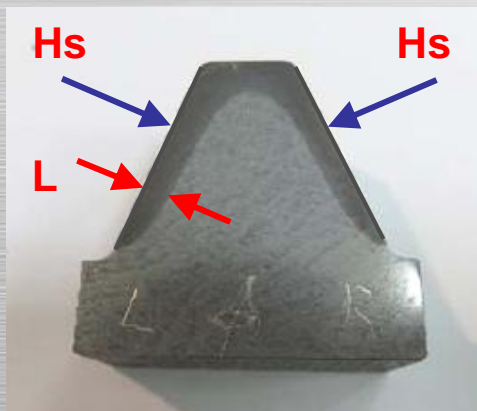




2. 齒排的物理與技術

硬化處理和硬度

必要需求 與 原因	技術需求
高表面硬度 Hs <ul style="list-style-type: none">• 高強度, 傳輸高扭力• 耐磨耗	<ul style="list-style-type: none">➤ 熱處理➤ 齒面高周波硬化➤ 齒面研磨
硬化層厚度 L <ul style="list-style-type: none">• 保持精度• 耐磨耗, 使用壽命長	
硬化層對稱性 <ul style="list-style-type: none">• 齒型兩側對稱的硬化層, 確保雙向運行時的精度與壽命	



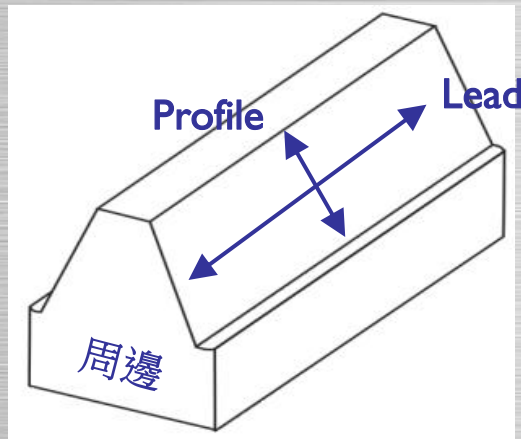
→ 高週波硬化處理 → 不良
齒面研磨 → 不良
→ 不合格 !!



2. 齒排的物理與技術

表面粗糙度

必要需求 與 原因	技術需求
良好的表面粗糙度 • 低噪音, 高速度 • 耐磨耗, 使用壽命長	➤ 齒面高周波硬化 ➤ 齒面研磨



APEX要求：

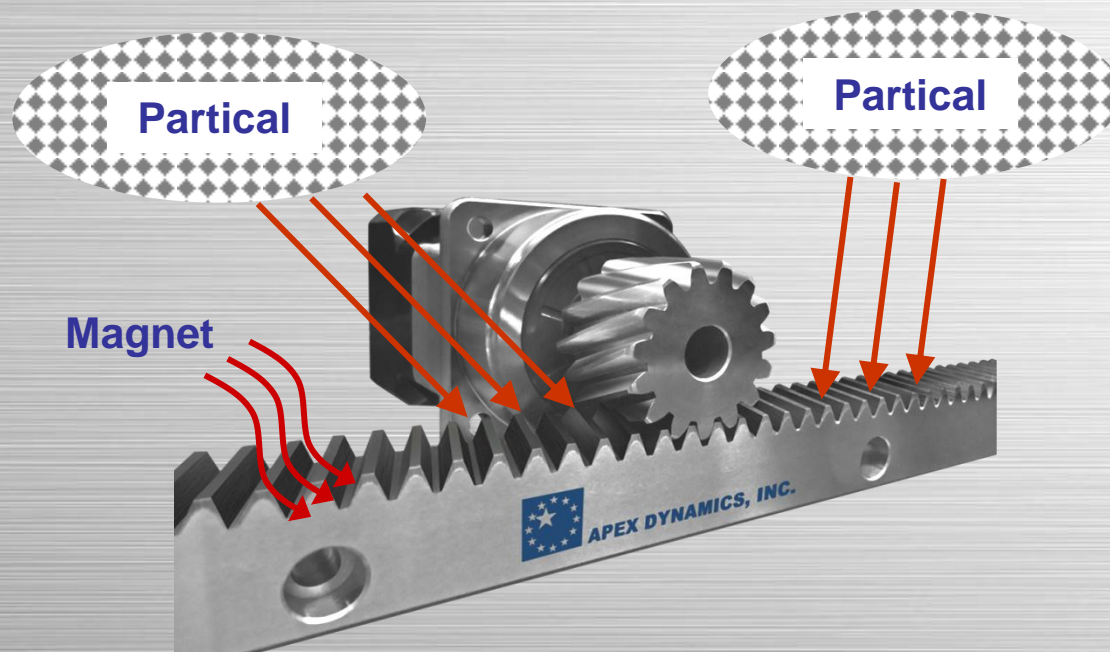
	(μm)			
齒排精度	Q4 ~ Q6	Q7	Q8 ~ Q9	Q10
Lead 方向	Ra ≤ 0.5	Ra ≤ 0.5	Ra ≤ 1.0	Ra ≤ 1.6
Profile 方向	Ra ≤ 1.0	Ra ≤ 1.0	Ra ≤ 3.0	Ra ≤ 6.3
齒排周邊	Ra ≤ 1.25	Ra ≤ 2.0	Ra ≤ 2.0	Ra ≤ 2.0



2. 齒排的物理與技術

殘留磁性

必要需求 與 原因	技術需求
<p>低殘留磁性</p> <ul style="list-style-type: none">• 預防粉塵堆積在齒面, 影響咬合, 甚至造成點蝕損傷齒面• 確保運行順暢• 保持精度及使用壽命	<p>➤ 消磁設備</p>



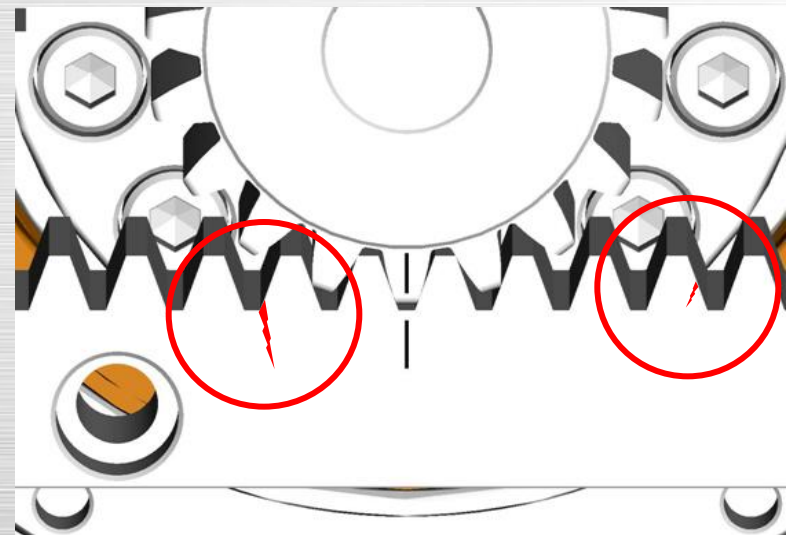
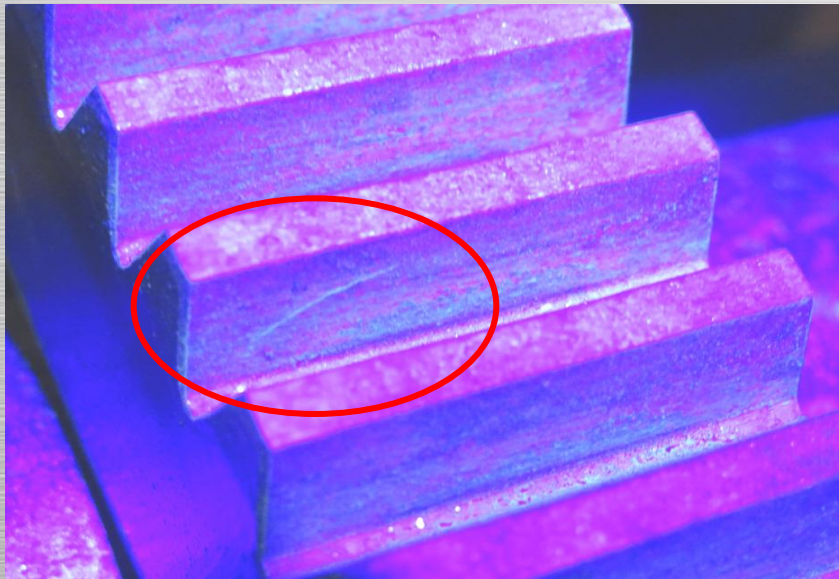
APEX齒排均經過消磁程序.
→ 磁性殘留 10 ± 3 高斯以下.



2. 齒排的物理與技術

磁粉探傷

必要需求 與 原因	技術需求
磁粉探傷 • 確保品質精度 • 保證使用壽命	➤ 磁粉探傷機 APEX齒排經過磁粉探傷檢驗 !!





2. 齒排的物理與技術

齒牌品質規範

所有的品質規範都是為了達到：

高定位精度

承受高扭力, 高速且低噪音運轉

較長使用壽命

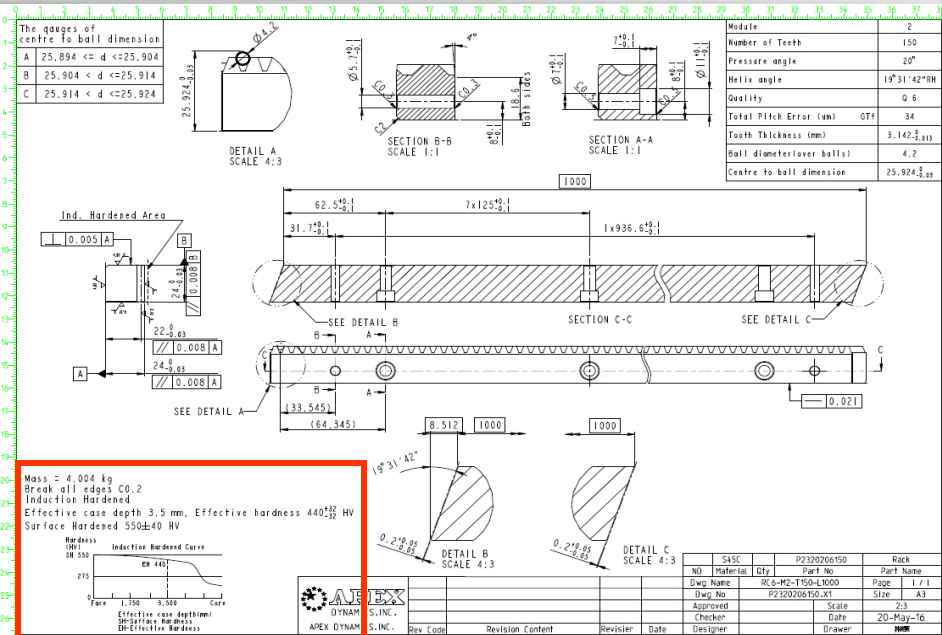




3. APEX 齒排品質規範

APEX 是世界上唯一的齒排製造商清楚且嚴格的定義以下規範:

- 各項尺寸與幾何公差
- 表面粗糙度
- 表面硬度及硬化層厚度



P2310x 齒條(Rack)檢驗標準 QC Standard

Module (Pt)	2	6.66668												
Pressure angle	20													
Helix angle	19° 31' 42" (19.5283° RH)													
Ball diameter	4.2													
Quality	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10						
Tooth thickness tolerance (mm) (As.e/f)	0 -0.013	0 -0.014	0 -0.015	0 -0.022	0 -0.032	0 -0.048	0 -0.063	0 -0.09						
Rack height 24	25.924	25.924	25.924	25.924	25.924	25.924	25.924	25.924						
Centre to ball dimension (mm) (over balls)	25.924 -0.018	25.924 -0.019	25.924 -0.02	25.924 -0.03	25.924 -0.044	25.924 -0.066	25.924 -0.086	25.924 -0.123						
Rack height 24.2	26.124	26.124	26.124	26.124	26.124	26.124	26.124	26.124						
Centre to ball dimension (mm) (over balls)	26.124 -0.018	26.124 -0.019	26.124 -0.02	26.124 -0.03	26.124 -0.044	26.124 -0.066	26.124 -0.086	26.124 -0.123						
Profile angular deviation (µm)	2	2.5	3.5	5	7	10	14	23						
Profile total deviation (µm)	3	4	6	8	12	16	23	36						
Profile deviation (µm)	2.5	3	4.5	6	9	12	17	28						
Helix slope deviation (µm)	4	5	6.5	9	12	17	27	41						
Tooth helix deviation (µm)	5.5	6.5	8	10	14	20	32	52						
Helix form deviation (µm)	3.5	4.5	5	5.5	8	11	18	31						



3. APEX 齒排品質規範

APEX 齒排目錄中的公差規範

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 4	≤ 6	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 23	≤ 36
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 6	≤ 7	≤ 9	≤ 13	≤ 18	≤ 28	≤ 45
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	-19	-21	-30	-44	-66	-87	-124
	Total Pitch Error (μm)							

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
5	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 7	≤ 9	≤ 13	≤ 18	≤ 25	≤ 35	≤ 56
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 8	≤ 10	≤ 13	≤ 18	≤ 25	≤ 41	≤ 65
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	-19	-21	-30	-44	-66	-87	-124
	Total Pitch Error (μm)							

Module No.	Deviation
1.5	Pressure Angle Deviation (μm)
	Helical Angle Deviation (μm)
	Over Pin Height Deviation (μm)
	Single Pitch Error (μm)
	Total Pitch Error (μm)

Module No.	Deviation
2	Pressure Angle Deviation (μm)
	Helical Angle Deviation (μm)
	Over Pin Height Deviation (μm)
	Single Pitch Error (μm)
	Total Pitch Error (μm)

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5
2	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 4	≤ 6
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 6.5	≤ 8
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0
	Single Pitch Error (μm)	≤ 4.5	≤ 6
	Total Pitch Error (μm)	≤ 17	≤ 24

壓力角
螺旋角
跨銷厚 (齒面高)
單齒節距誤差
總節距誤差

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
2.5	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 5	≤ 7	≤ 10	≤ 14	≤ 20	≤ 28	≤ 45
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 6.5	≤ 8	≤ 10	≤ 14	≤ 20	≤ 32	≤ 52
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	≤ 4.5	≤ 6	≤ 9	≤ 13	≤ 18	≤ 25	≤ 39
	Total Pitch Error (μm)	≤ 19	≤ 26	≤ 36	≤ 51	≤ 72	≤ 100	≤ 160

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
10	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 23	≤ 32	≤ 45	≤ 72
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 8	≤ 10	≤ 13	≤ 18	≤ 25	≤ 41	≤ 65
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	≤ 5.5	≤ 8	≤ 11	≤ 16	≤ 22	≤ 31	≤ 49
	Total Pitch Error (μm)	≤ 22	≤ 31	≤ 43	≤ 60	≤ 84	≤ 118	≤ 188

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
3	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 5	≤ 7	≤ 10	≤ 14	≤ 20	≤ 28	≤ 45
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 6.5	≤ 8	≤ 10	≤ 14	≤ 20	≤ 32	≤ 52
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	≤ 4.5	≤ 6	≤ 9	≤ 13	≤ 18	≤ 25	≤ 39
	Total Pitch Error (μm)	≤ 19	≤ 26	≤ 37	≤ 52	≤ 72	≤ 101	≤ 162

Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
12	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 11	≤ 15	≤ 21	≤ 30	≤ 42	≤ 58	≤ 93
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 10	≤ 13	≤ 16	≤ 23	≤ 32	≤ 51	≤ 82
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	≤ 7	≤ 10	≤ 13	≤ 19	≤ 26	≤ 37	≤ 59
	Total Pitch Error (μm)	≤ 23	≤ 33	≤ 46	≤ 64	≤ 90	≤ 126	≤ 202

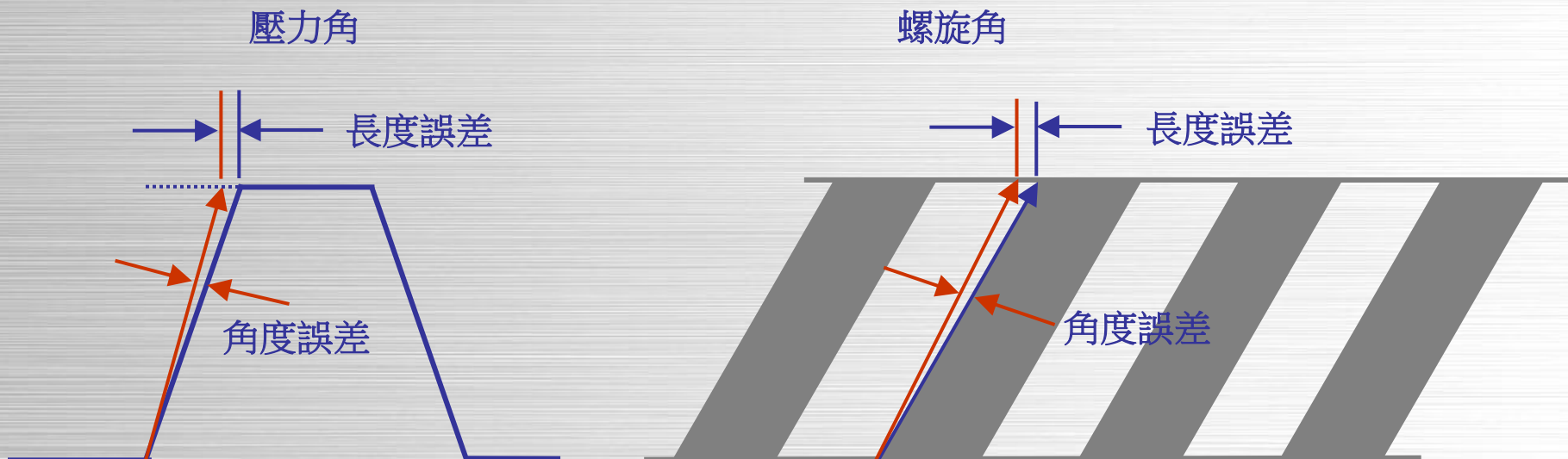
Module No.	Deviation	Q4	Q5H / Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
4	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 7	≤ 9	≤ 13	≤ 18	≤ 25	≤ 35	≤ 56
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 6.5	≤ 8	≤ 10	≤ 14	≤ 20	≤ 32	≤ 52
	Over Pin Height Deviation (μm)	0	0	0	0	0	0	0
	Single Pitch Error (μm)	≤ 5	≤ 7	≤ 10	≤ 14	≤ 19	≤ 27	≤ 43
	Total Pitch Error (μm)	≤ 20	≤ 28	≤ 40	≤ 56	≤ 78	≤ 109	≤ 175

**** 所有量測在 20°C 下進行**
**** 總節距誤差 per 1000 mm**



3. APEX 齒排品質規範

公差規範 / 角度誤差



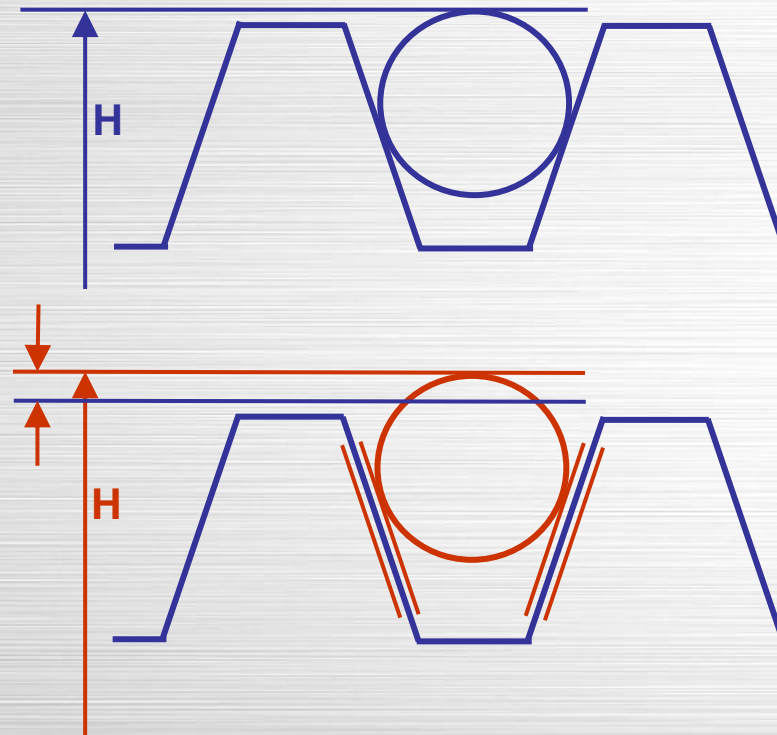
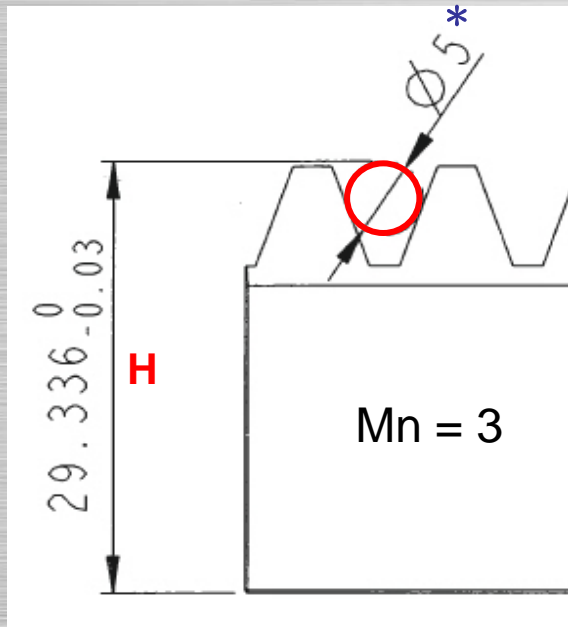
Module No.	Deviation	Q4
2	Pressure Angle Deviation (μm)	≤ 4
	Helical Angle Deviation (μm)	≤ 6.5
	Over Pin Height Deviation (μm)	0
		- 19
	Single Pitch Error (I) (μm)	≤ 4.5
	Total Pitch Error (I) (μm)	≤ 17



3. APEX 齒排品質規範

公差規範 / 跨銷厚誤差

跨銷厚 = 齒型精度的表現



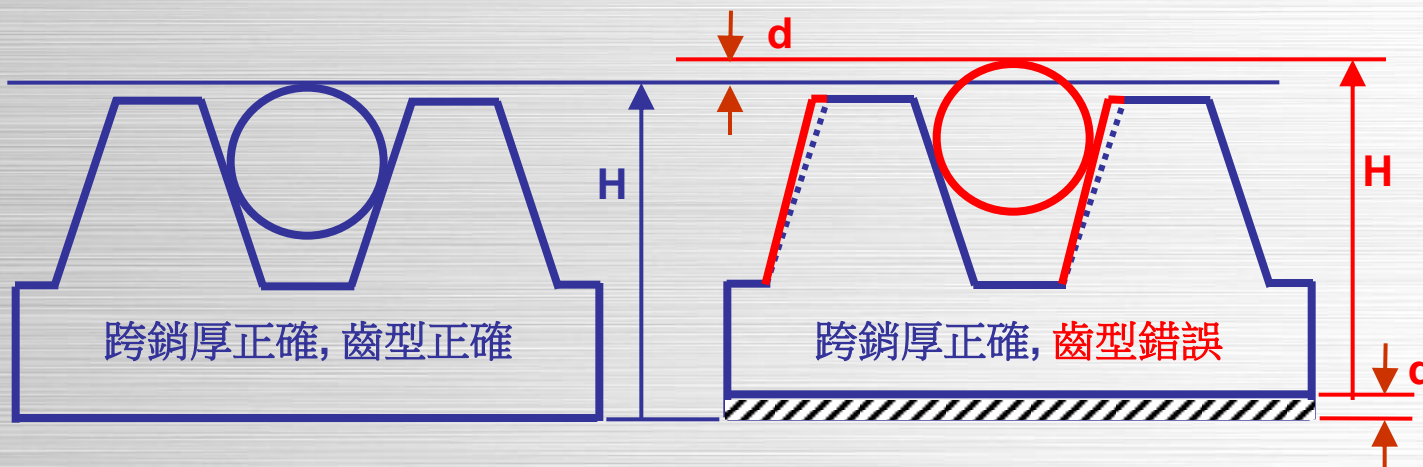
* 圓銷直徑依模數不同而選擇



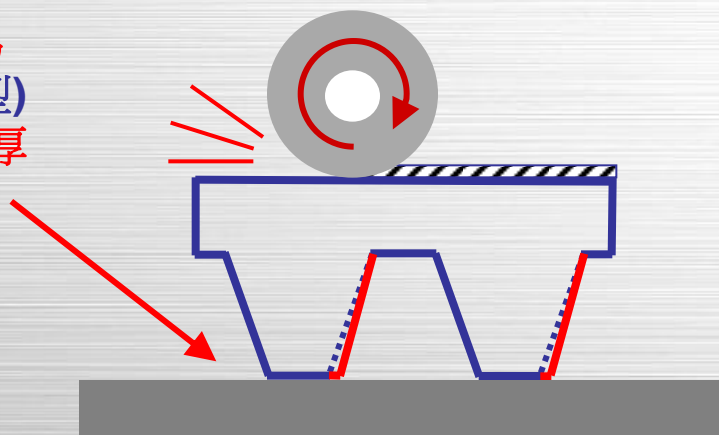
3. APEX 齒排品質規範

公差規範 / 跨銷厚誤差 錯誤示範 !!

(1) 為達到精確跨銷厚要求, 常在齒型加工後, 再銑削或研磨齒排背面. ←錯誤 !!



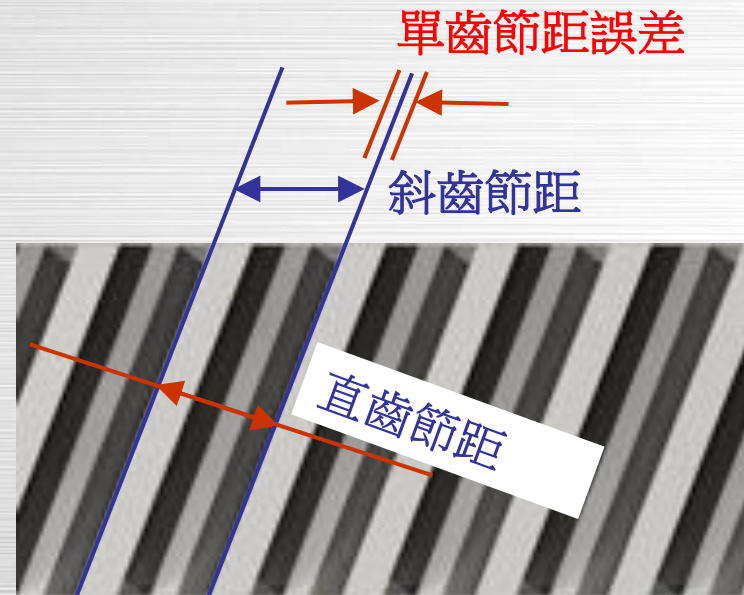
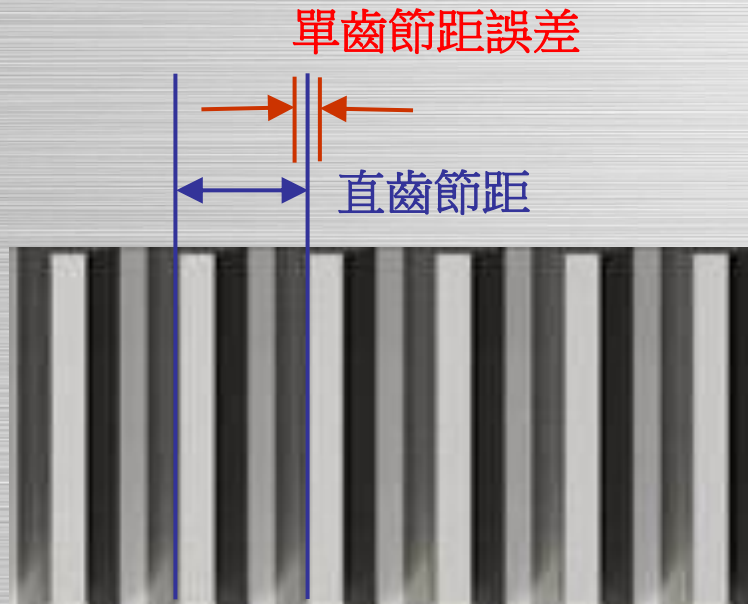
(2) 銑削或研磨齒排背面時, 常以齒頂為
承靠面. 但是, 齒頂並非與齒腹(齒型)
同時成型, 故齒排背面加工後, 跨銷厚
仍不準確!





3. APEX 齒排品質規範

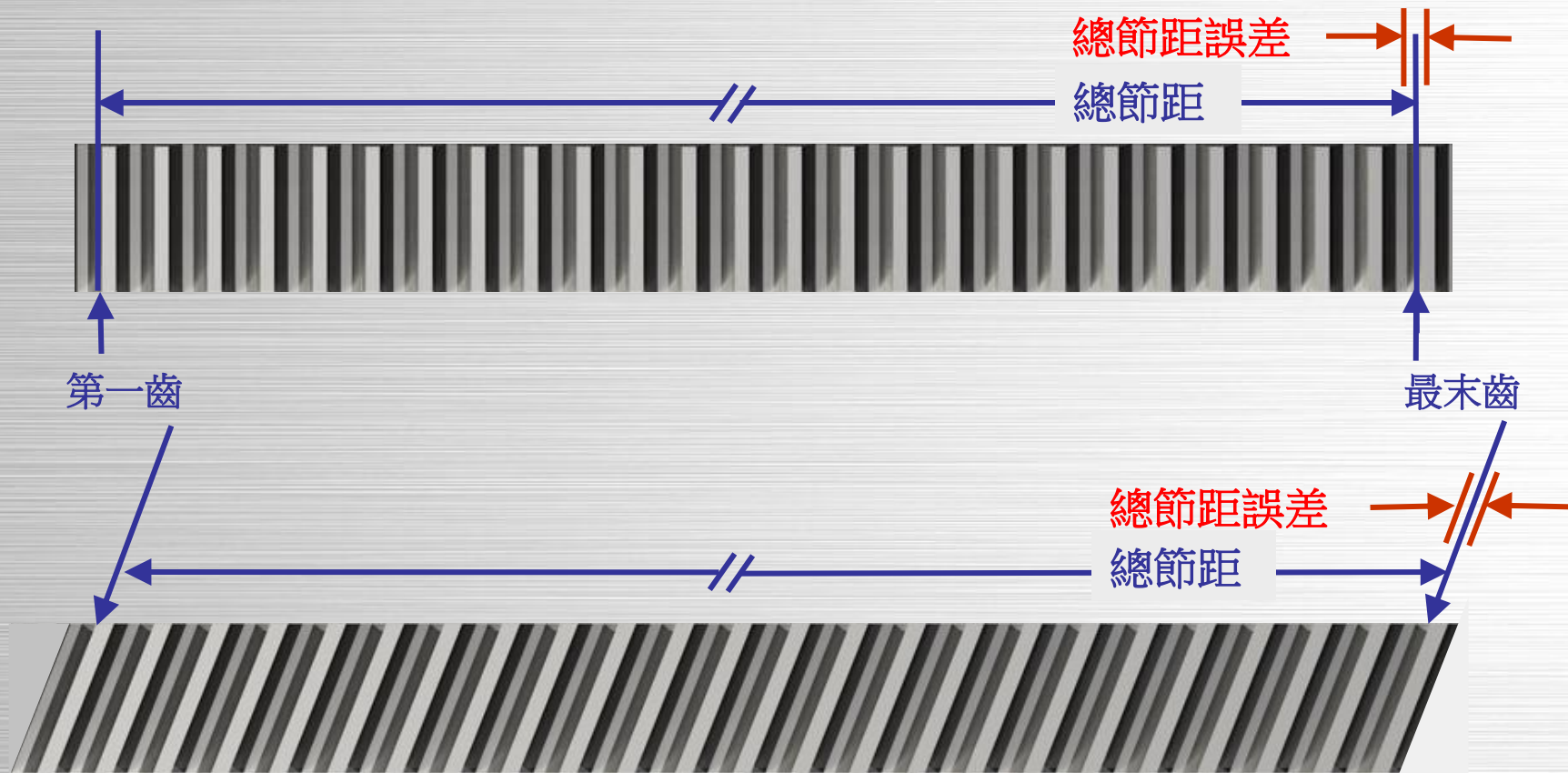
公差規範 / 單齒節距誤差





3. APEX 齒排品質規範

公差規範 / 總節距誤差 (per 1000 mm)





3. APEX 齒排品質規範

公差規範

案例：

應用在CNC工具機 或 高定位精度度要求的自動化設備上時, 只有在高精度的齒排上才有可能進行補正的動作

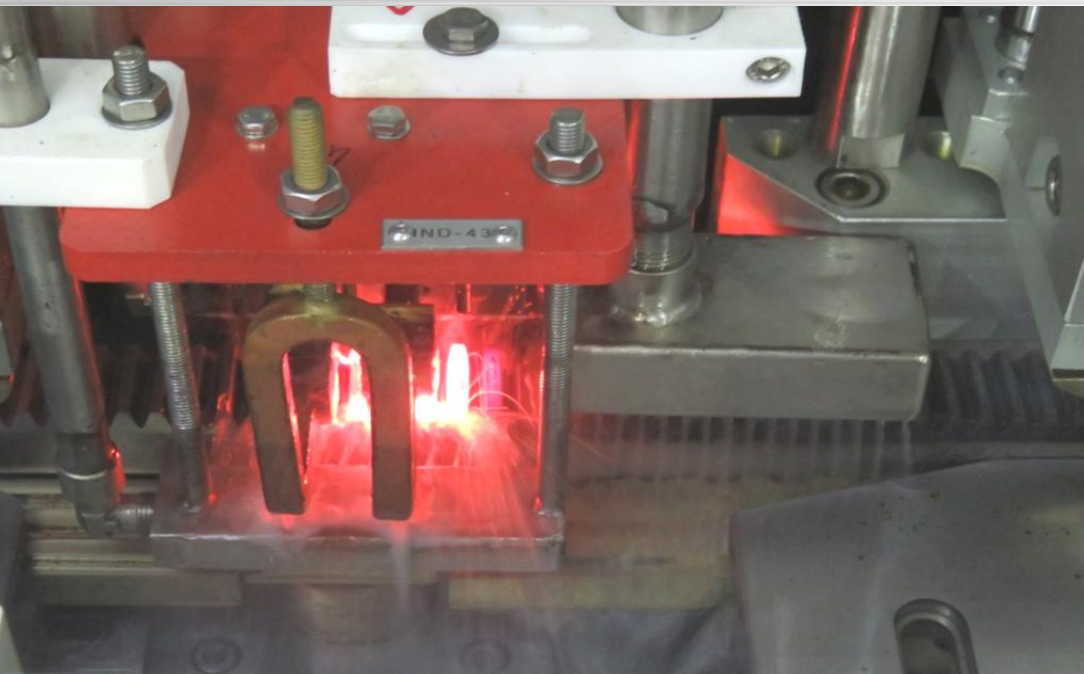
關於精度要求, 世界上其他齒排製造商只給出 總節距誤差, 極少數給出 單齒節距誤差. 他們從未清楚定義出以下精度規範：

所有尺寸與幾何誤差
真直度, 平行度 與 垂直度
壓力角 與 螺旋角 誤差
表面粗糙度
表面硬度 與 硬化層厚度



4. 高周波硬化處理

$Mn \leq 4 \rightarrow$ 掃描式高周波硬化處理

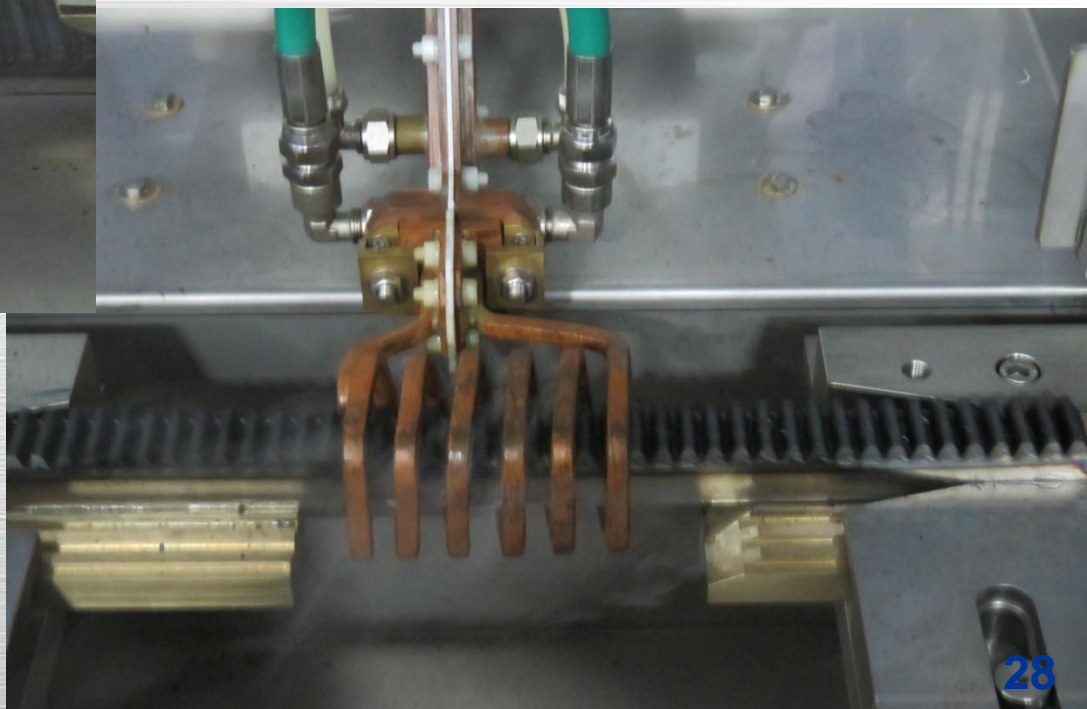


淬火

高周波加熱後急速冷卻

回火

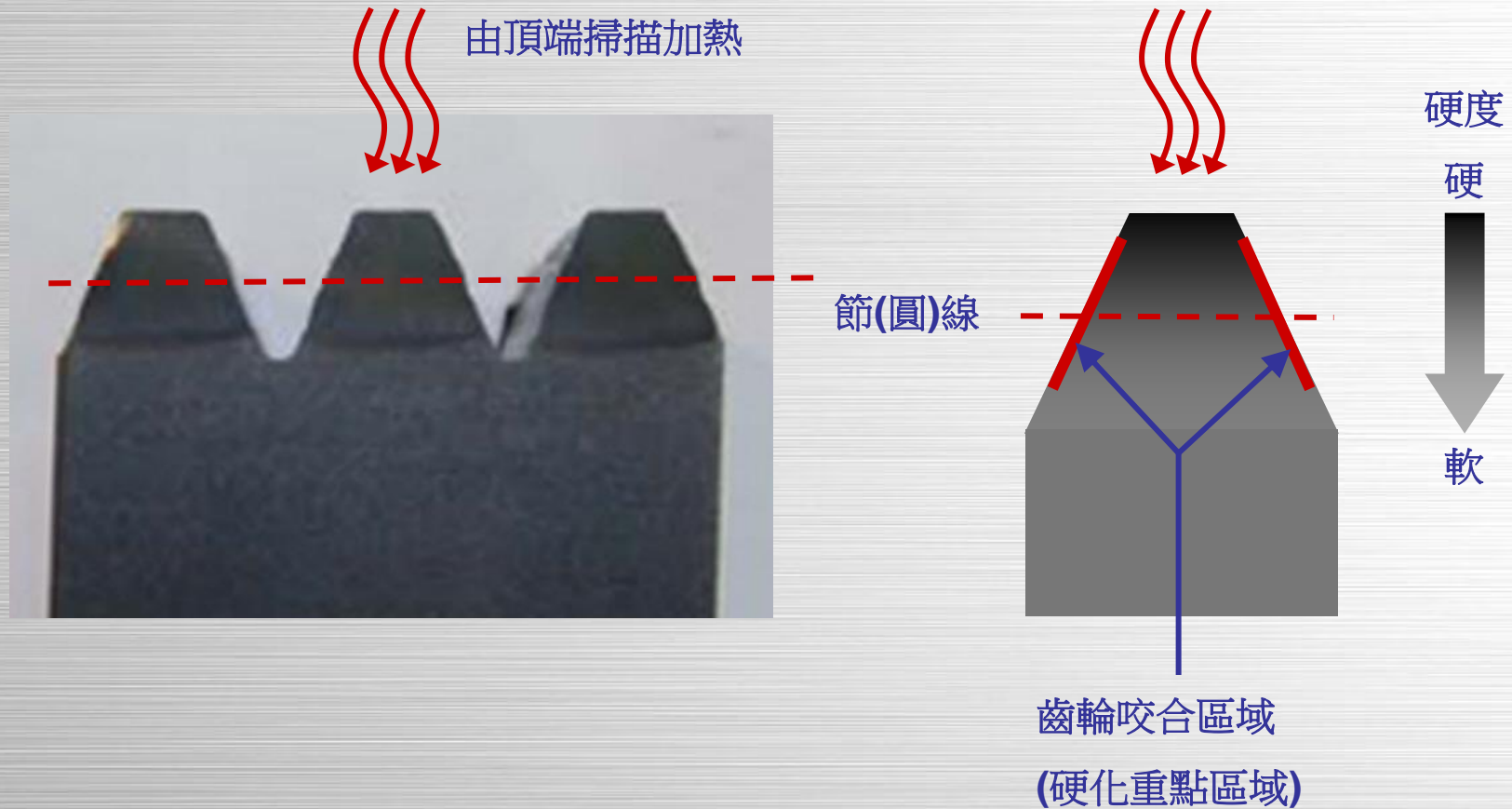
調整硬度與材質結構





4. 高周波硬化處理

$Mn \leq 4 \rightarrow$ 掃描式高周波硬化處理

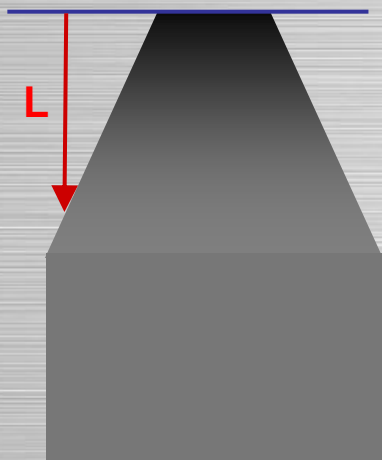




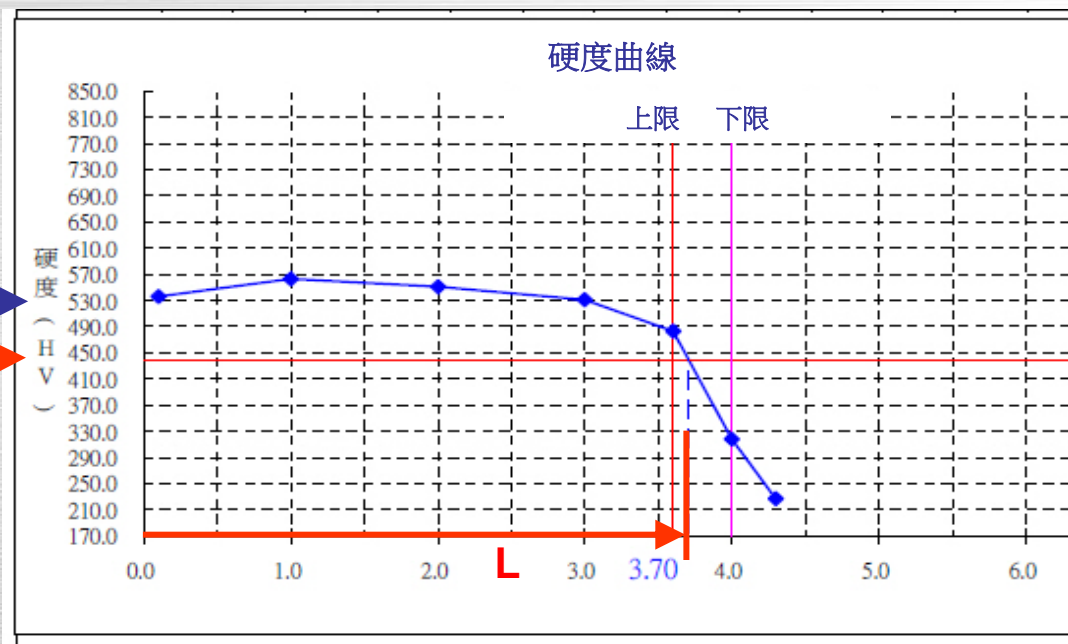
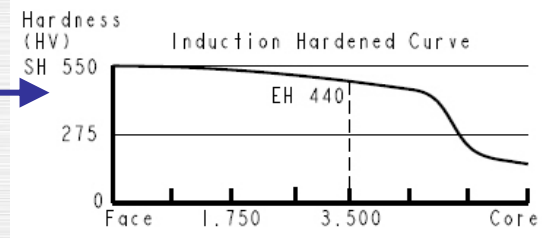
4. 高周波硬化處理

$Mn \leq 4 \rightarrow$ 掃描式高周波硬化處理

高周波硬化處理	表面硬度	有效硬度
硬度 (HV)	550 ± 40	440 ± 32



工程圖
實物量測

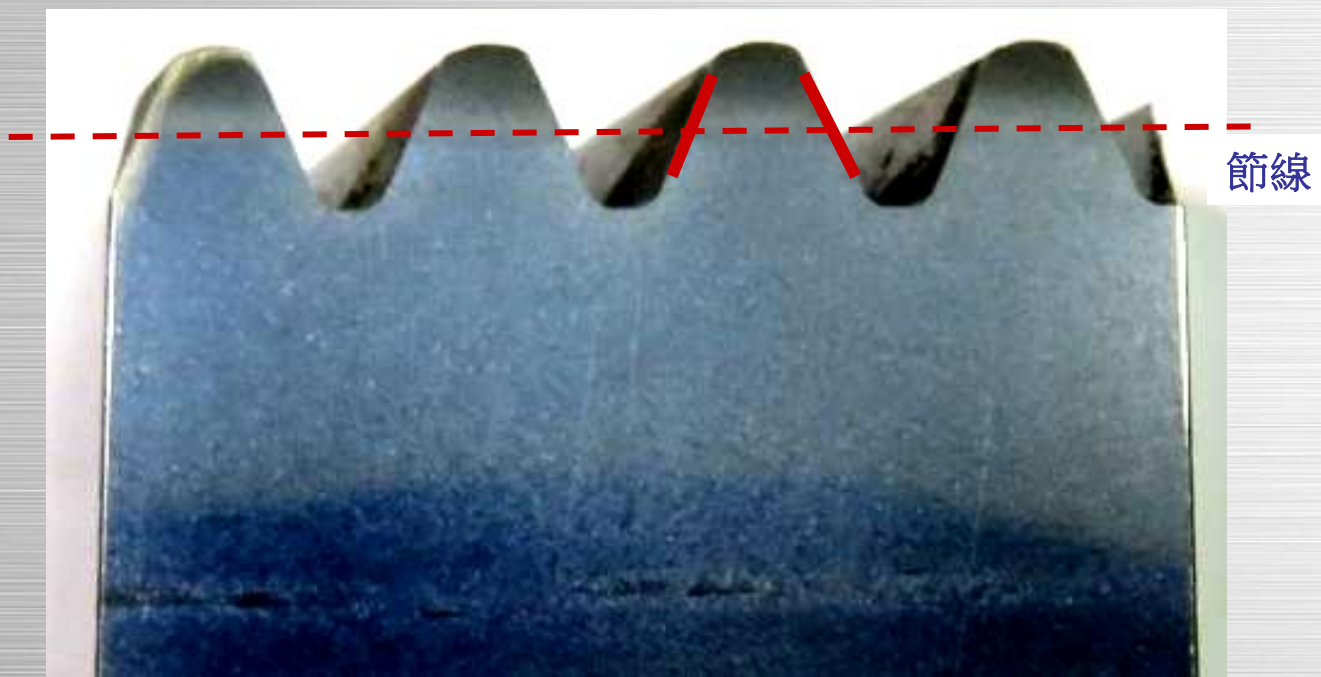




4. 高周波硬化處理

$Mn \leq 4 \rightarrow$ 掃描式高周波硬化處理

硬化層厚度(深度)不足, 不合格!!





4. 高周波硬化處理

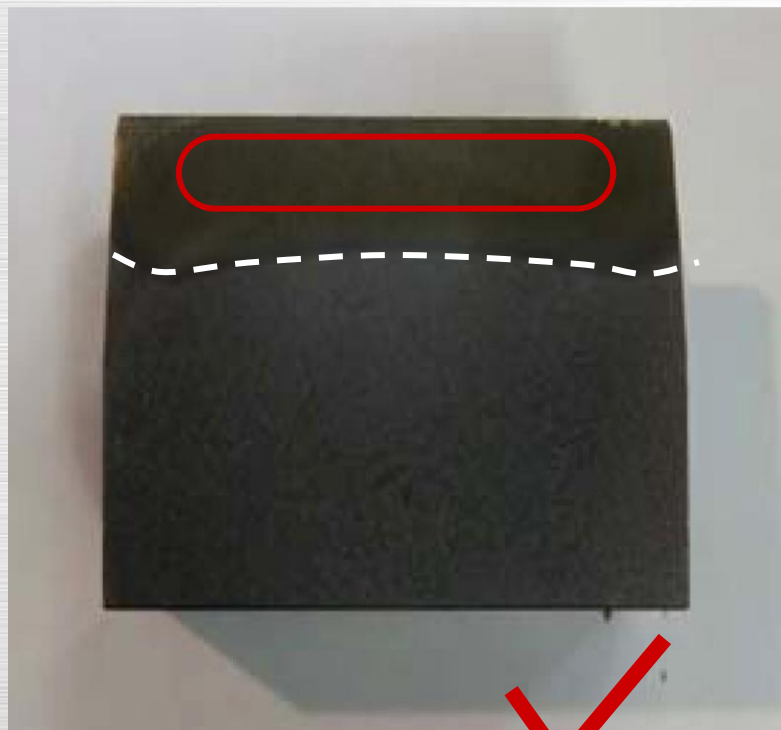
$Mn \leq 4 \rightarrow$ 掃描式高周波硬化處理

橫向截面

齒輪咬合區域



不合格

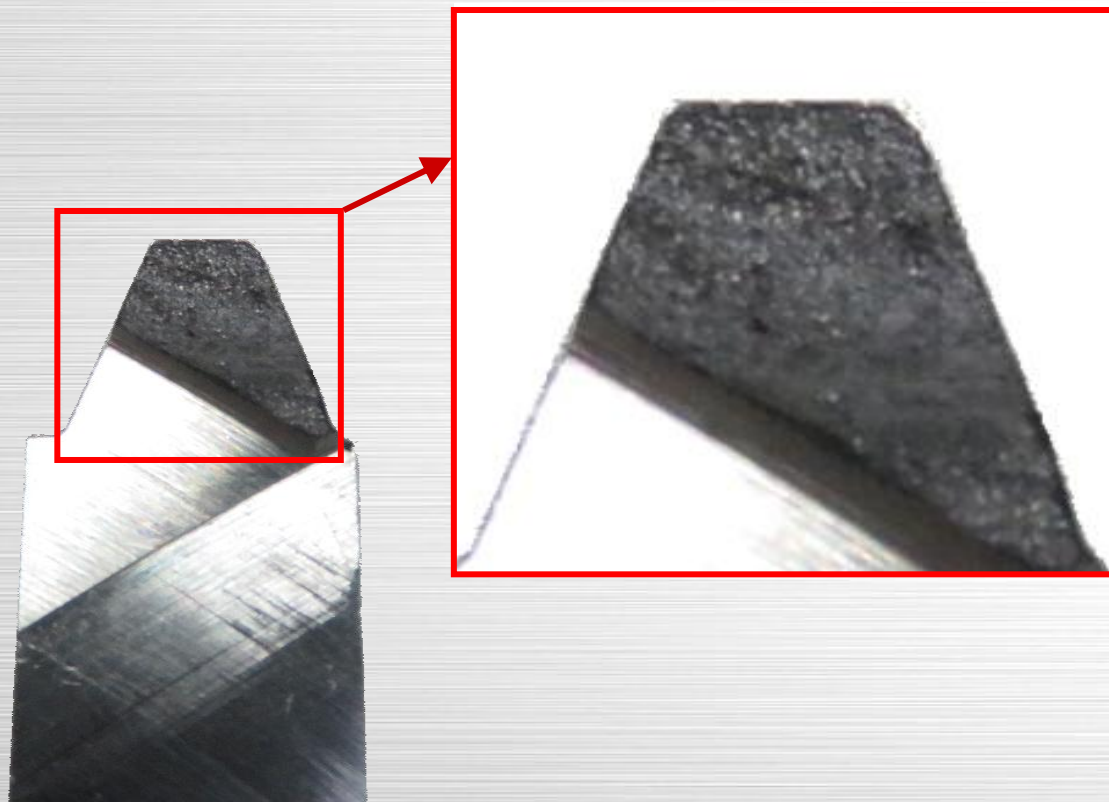


合格



4. 高周波硬化處理

由頂端掃描加熱，可能導致齒頂過熱，甚至金屬溶融。
齒頂會有脫碳現象，材質內部甚至組織鬆散。





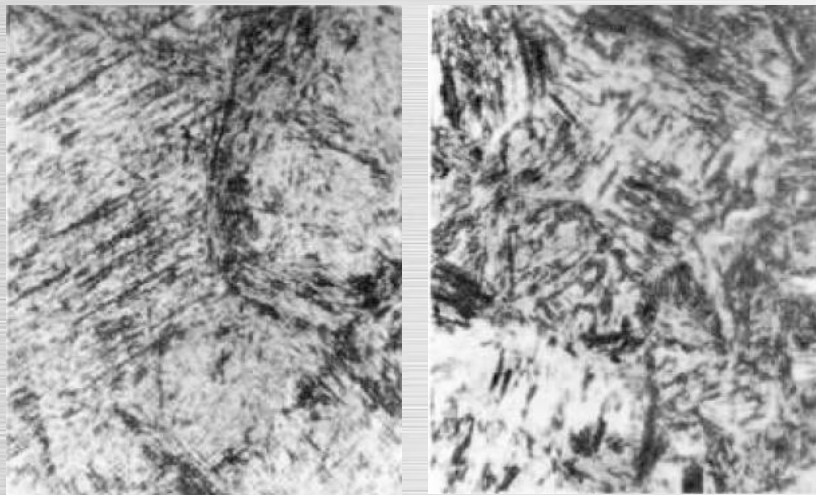
4. 高周波硬化處理

脫碳現象的金相分析

正常標準

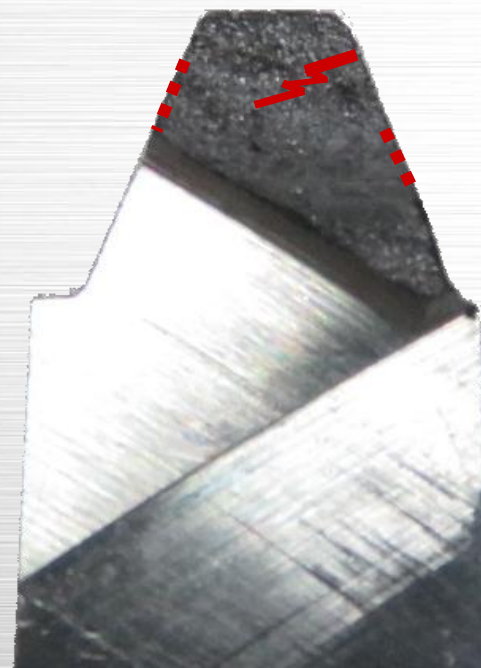


過熱導致晶體肥大



齒面易受損傷，
甚至破裂。

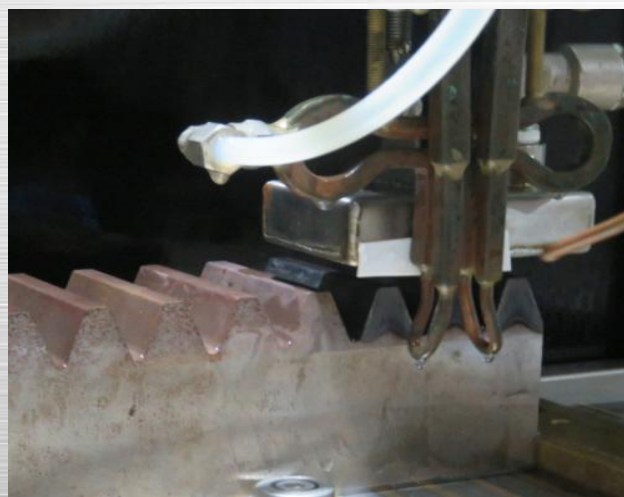
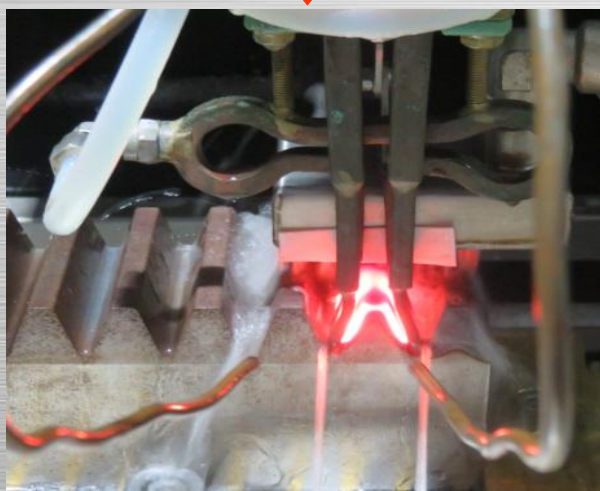
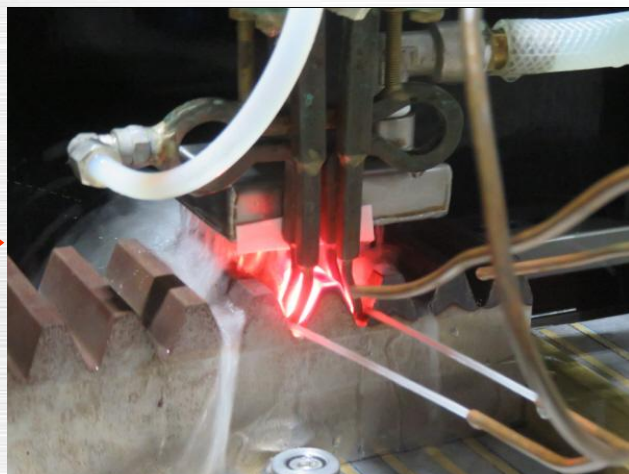
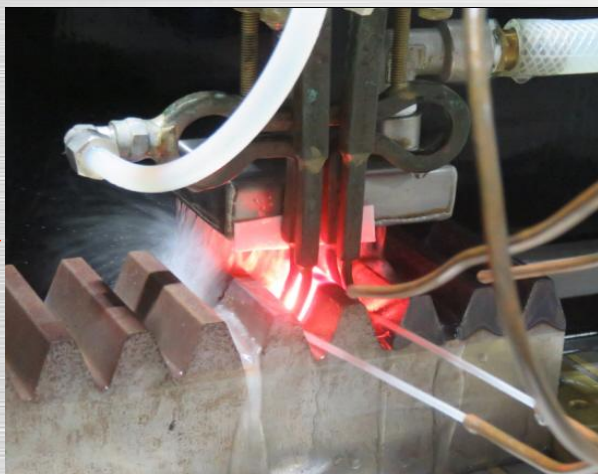
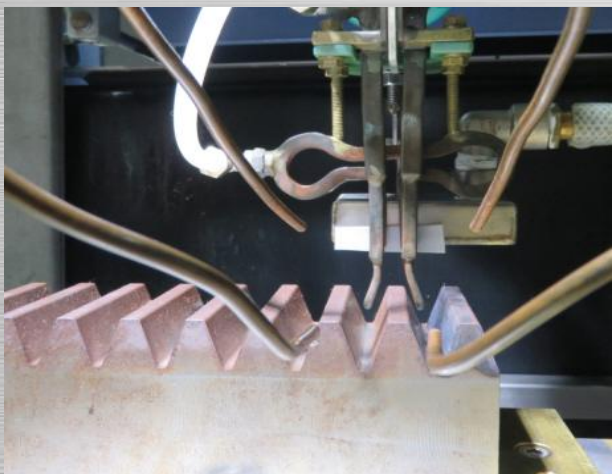
→ 脆化
→ 強度降低





4. 高周波硬化處理

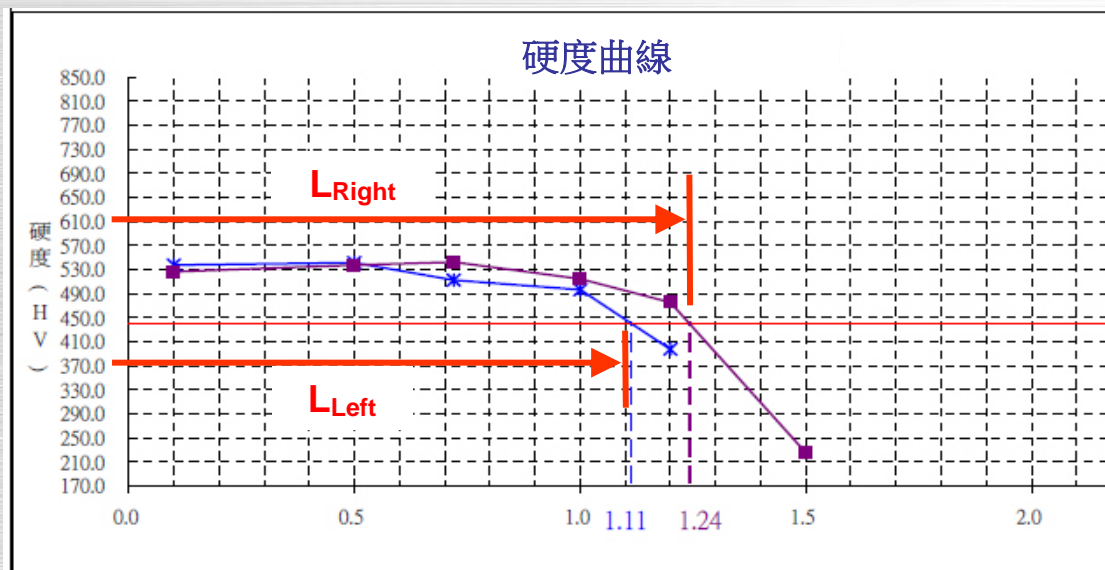
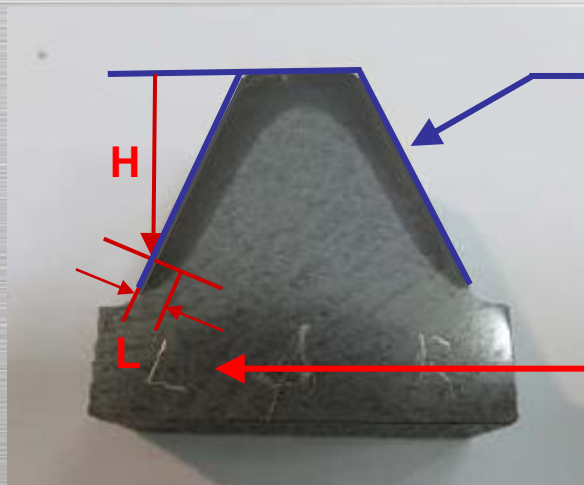
$Mn \geq 5 \rightarrow$ 逐齒高周波硬化處理





4. 高周波硬化處理

$Mn \geq 5 \rightarrow$ 逐齒高周波硬化處理



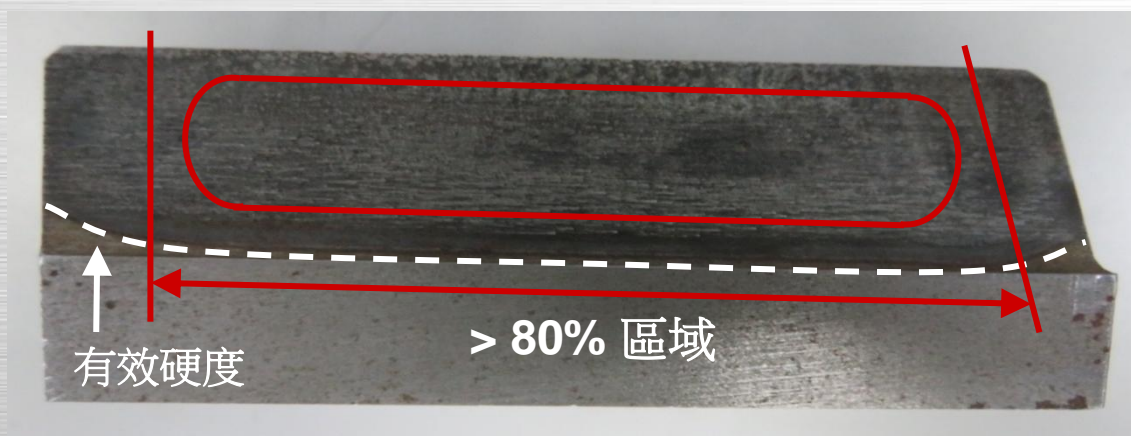
高周波硬化處理	表面硬度	有效硬度
硬度 (HV)	550 ± 40	440 ± 32



4. 高周波硬化處理

$Mn \geq 5 \rightarrow$ 逐齒高周波硬化處理

橫向截面





4. 高周波硬化處理

滲碳高週波硬化處理

滲碳後



滲碳高週波硬化後



高週波硬化

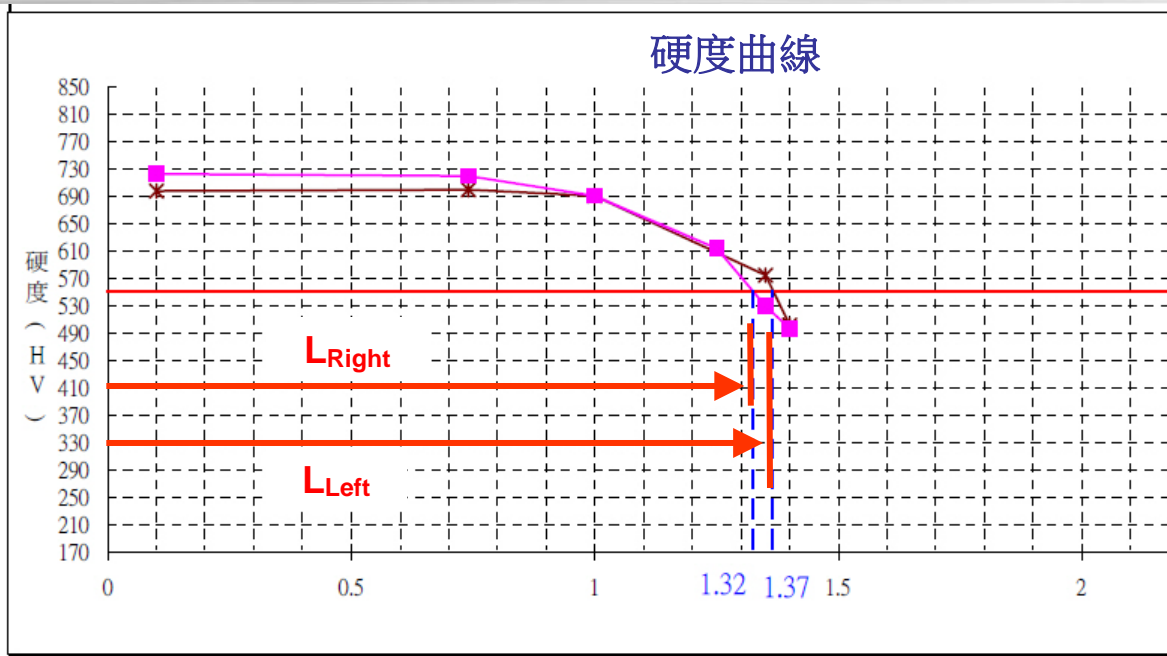




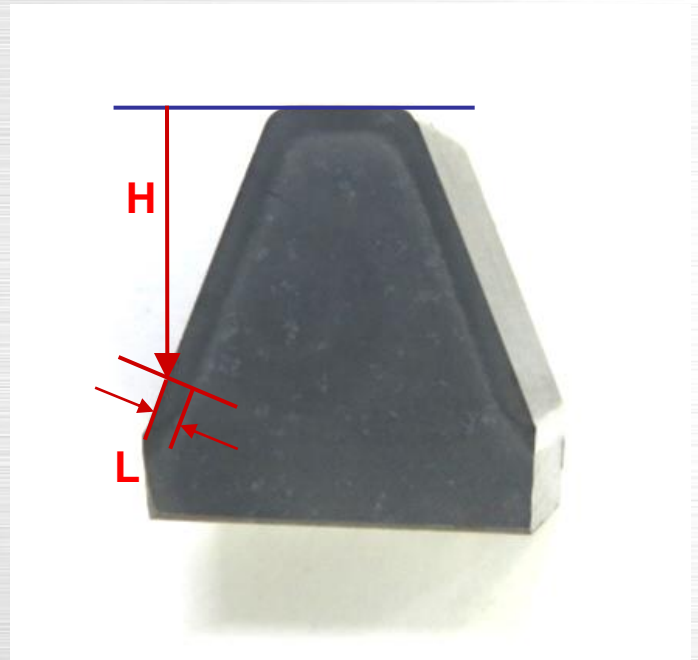
4. 高周波硬化處理

滲碳高週波硬化處理

滲碳高週波硬化後



(未回火前量測)





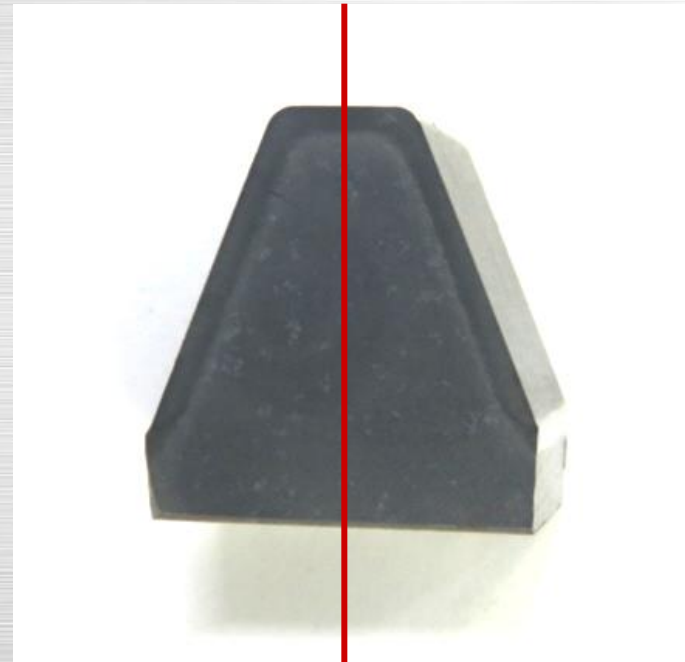
4. 高周波硬化處理

硬化層對稱性
(高週波硬化處理 與 齒面研磨 之後)

逐齒高週波硬化



滲碳高週波硬化



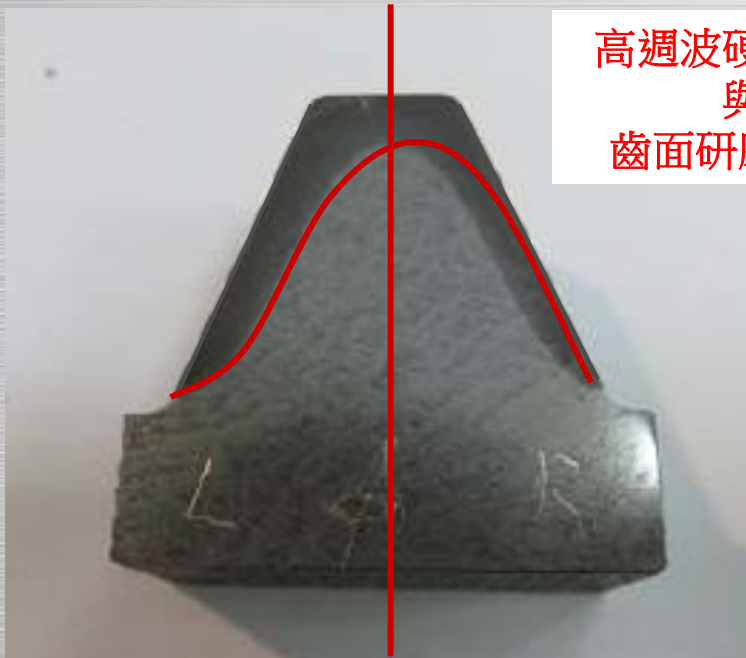


4. 高周波硬化處理

硬化層對稱性
(高週波硬化處理 與 齒面研磨 之後)

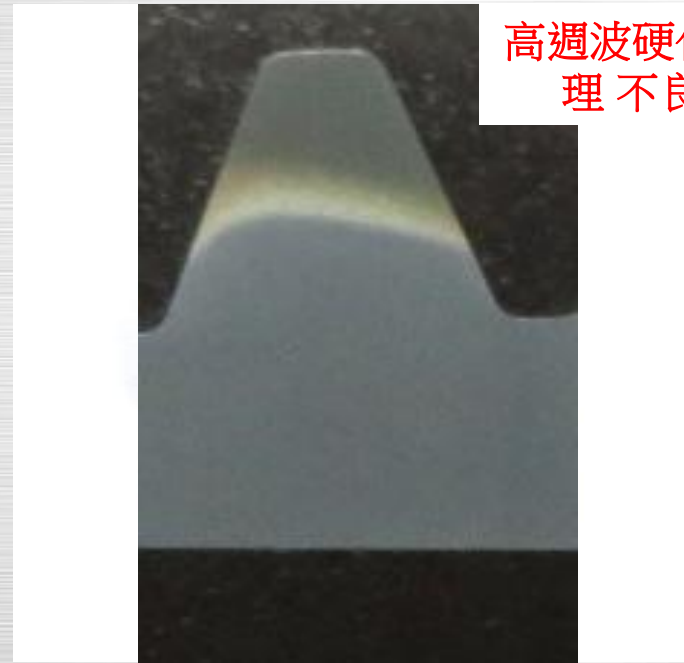
不良範例 !!

逐齒高週波硬化



高週波硬化處理
與
齒面研磨 不良

滲碳高週波硬化



高週波硬化處理 不良



5. APEX 齒排規格

等級	Q4	Q5H	Q5		Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
材料	<p style="text-align: center; border: 2px solid blue; padding: 5px;">精度等級：Q4 / Q5H / Q5 / Q6 / Q7 / Q8 / Q9 / Q10</p>								
熱處理									
齒部加工 (單位：μm)	研磨 Ra 0.5 (Lead) Ra 1 (Profile)	研磨 Ra 0.5 (Lead) Ra 1 (Profile)	<p style="text-align: center; border: 2px solid blue; padding: 5px;">材質：碳鋼 / 合金鋼 / 不鏽鋼</p>			研磨 Ra 0.5 (Lead) Ra 1 (Profile)	銹削 Ra 1 (Lead) Ra 3 (Profile)	銹削 Ra 1.6 (Lead) Ra 6.3 (Profile)	
外觀加工 (單位：μm)	研磨 Ra 0.8~1.25	研磨 Ra 0.8~1.25				<p style="text-align: center; border: 2px solid blue; padding: 5px;">熱處理：滲碳淬火 / 正常化 / 回火 / 應力消除 / 高週波加熱 / 固融</p>		銹削 Ra 2	銹削 Ra 2
表面處理 (Option)	化鍍		<p style="text-align: center; border: 2px solid blue; padding: 5px;">齒面與表面加工：銹削 / 研磨 / 拋光</p>						磷化
Total Pitch error : xx / 1000 (單位：mm)	M5 : 0.02 M6 : 0.02 M8 : 0.022 M10 : 0.022 M12 : 0.023	M2 : 0.026 M3 : 0.026 M4 : 0.026 M5 : 0.028 M6 : 0.028 M8 : 0.031 M10 : 0.031			M6 : 0.028 M8 : 0.031 M10 : 0.031 M12 : 0.033	M1.5 : 0.034 M3 : 0.037 M6 : 0.04 M8 : 0.043 M10 : 0.043 M12 : 0.046	M3 : 0.052 M6 : 0.056 M8 : 0.060 M10 : 0.060	M1.5 : 0.066 M2 : 0.066 M2.5 : 0.072 M3 : 0.072 M4 : 0.078 M5 : 0.078 M6 : 0.078 M8 : 0.084 M10 : 0.084 M12 : 0.09	M1 : 0.091 M1.5 : 0.092 M1.75 : 0.092 M2 : 0.092 M3 : 0.101 M4 : 0.109 M4.5 : 0.109 M5 : 0.109 M6 : 0.109



5. APEX 齒排規格

- 針對齒排, 尚無世界標準
 - 沒有 **DIN**, 只有精度等級 **Quality !!**
 - 各家生產商自訂 **Quality** 標準
 - A公司的 **Q6** = B公司的 **Q6 ??**

- **APEX**依據 齒輪的**DIN**標準 設計與製造生產齒排 !!



5. APEX 齒排規格

APEX Q8 規格

	APEX
材質	碳鋼
熱處理	正常化
齒面	銑削
齒排表面	銑削
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.065 mm ~ 0.09 mm (M1) (M12)

碳鋼 + 正常化熱處理

- 晶體顆粒更細緻, 更均勻
- 釋放內部應力
- 提高強度
- 適用於更高的進級力 / 扭矩



5. APEX 齒排規格

APEX Q8 vs. ATLANTA Q9 *

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	S45C
熱處理	正常化	無處理
齒面	銑削	銑削
齒排表面	銑削	無處理 (Bright Steel)
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.065 mm ~ 0.09 mm (M1) (M12)	≤ 0.150 mm (M=?)
優點 **	較高精度, 較高強度	

* 比較乃基於相同製程與規格,
並非基於精度等級 Q

** 只比較總節距誤差.
ATLANTA無提供其它精度可作比較.

= 冷抽棒材

內應力殘留材料中, 導致彎曲變形.
棒材表面未加工, 精度差



5. APEX 齒排規格

APEX Q8 vs. ATLANTA Q8 (齒面硬化並研磨)

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	S45C / 42CrMo4
熱處理	正常化	高周波 / 調質
齒面	銑削	研磨 / 銑削
齒排表面	銑削	無處理 (Bright Steel)
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.065 mm ~ 0.09 mm (M1) (M12)	0.060 mm / 0.100 mm
優點		齒面精度較高, 但是齒排表面 無處理, 總體精度下降. 較抗磨耗



5. APEX 齒排規格

APEX Q10 規格

	APEX
材質	碳鋼
熱處理	齒面高週波 (基於Q8)
齒面	銑削
齒排表面	銑削
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.146 mm ~ 0.202 mm (M1) (M12)
優點	抗磨耗, 低精度



5. APEX 齒排規格

APEX Q10 vs. ATLANTA Q10

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	S45C
熱處理	齒面高週波	齒面高週波
齒面	銑削	銑削
齒排表面	銑削	銑削
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.146 mm ~ 0.202 mm (M1) (M12)	0.200 mm
優點	精度較高	



5. APEX 齒排規格

APEX Q9 vs. ATLANTA Q9

	APEX	ATLANTA
材質	不鏽鋼	S45C
熱處理	固融	無處理
齒面	銑削	銑削
齒排表面	銑削	無處理 (Bright Steel)
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.091 mm ~ 0.109 mm (M1) (M6)	≤ 0.150 mm (M=?)
優點	較高精度 (即使不鏽鋼較難加工)	



5. APEX 齒排規格

APEX Q7 規格

	APEX
材質	碳鋼
熱處理	齒面高週波
齒面	研磨
齒排表面	銑削
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.047 mm ~ 0.060 mm (M2) (M10)
優點	高精度, 抗磨耗



5. APEX 齒排規格

APEX Q7 vs. ATLANTA Q8 (齒面硬化並研磨)

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	S45C / 42CrMo4
熱處理	齒面高週波	齒面高週波 / 調質
齒面	研磨	研磨 / 銑削
齒排表面	銑削	無處理 (Bright Steel)
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.047 mm ~ 0.060 mm (M2) (M10)	0.060 mm / 0.100 mm
優點	精度較高	



5. APEX 齒排規格

APEX Q7 vs. ATLANTA Q7

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	S45C
熱處理	齒面高週波	齒面高週波
齒面	研磨	研磨
齒排表面	銑削	研磨
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.047 mm ~ 0.060 mm (M2) (M10)	0.052 mm
優點		



與 ATLANTA Q6
相同材質, 相同製程

→ 不合格 Q6 改 Q7 ??



5. APEX 齒排規格

APEX Q6 規格

	APEX
材質	碳鋼
熱處理	齒面高週波
齒面	研磨
齒排表面	研磨
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.033 mm ~ 0.046 mm (M1) (M12)
優點	



5. APEX 齒排規格

APEX Q6 vs. ATLANTA Q6

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	16MnCr5 / S45C
熱處理	齒面高週波	滲碳高週波 / 高週波
齒面	研磨	研磨
齒排表面	研磨	研磨
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.033 mm ~ 0.046 mm (M1) (M12)	0.036 mm (M2~M4 / M1.5~M12)
優點		



5. APEX 齒排規格

APEX Q5 規格

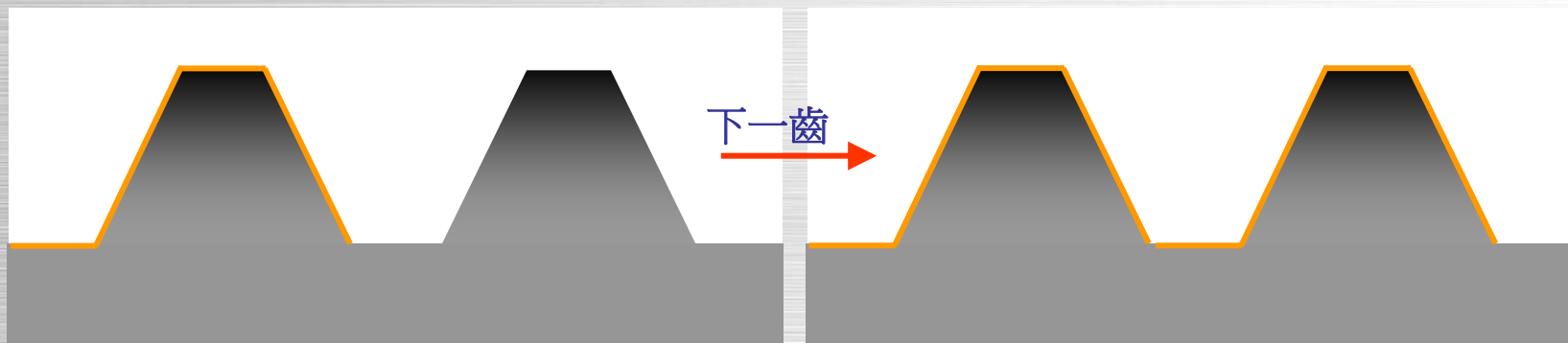
	APEX	
材質	碳鋼	合金鋼
熱處理	齒面高週波	滲碳高週波
齒面	研磨 x 2	研磨 x 2
齒排表面	研磨 x 2	研磨 x 2
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.028 mm ~ 0.033 mm (M4) (M12)	0.024 mm ~ 0.026 mm (M2) (M3)
優點		強度：合金鋼 > 碳鋼



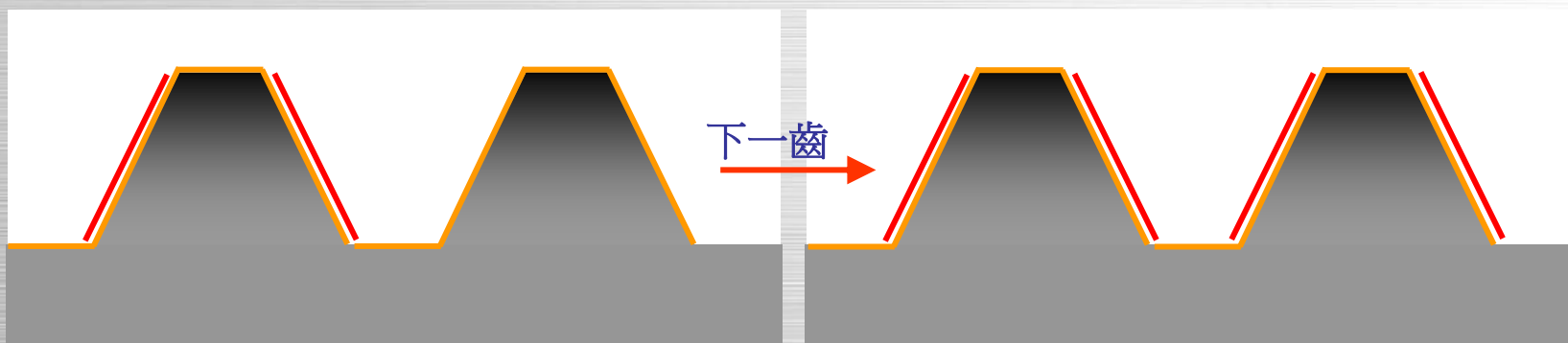
5. APEX 齒排規格

研磨 x 2

研磨步驟 1：所有齒面



研磨步驟 2：只有齒腹





5. APEX 齒排規格

APEX **Q5** (Alloy Steel) vs. ATLANTA **Q6** (16MrCr5)

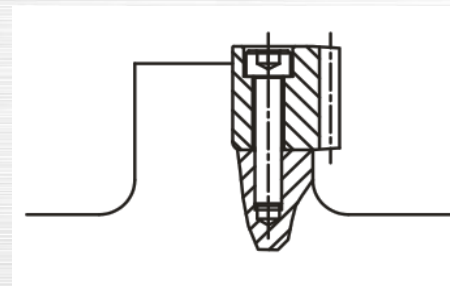
	APEX	ATLANTA
材質	合金鋼	16MnCr5 / S45C
熱處理	滲碳高週波	滲碳高週波
齒面	研磨 x 2	研磨
齒排表面	研磨 x 2	研磨
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.024 mm / 0.026 mm (M2) (M3)	0.036 mm (M2~M4)
優點	精度較高	



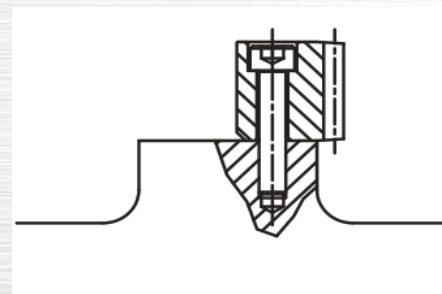
5. APEX 齒排規格

APEX Q5H “Heavy Duty” 規格

	APEX
材質	合金鋼
熱處理	滲碳淬火
齒面	研磨 x 2
齒排表面	研磨 x 2
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.024 mm ~ 0.031 mm (M2) (M10)
優點	
應用	高強度, 適用於無承靠安裝



有承靠



無承靠



5. APEX 齒排規格

APEX **Q5H** Heavy Duty vs. ATLANTA **Q5** Strong Line

	APEX	ATLANTA
材質	合金鋼	16MnCr5
熱處理	滲碳淬火	滲碳淬火
齒面	研磨 x 2	研磨
齒排表面	研磨 x 2	研磨
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.024 mm ~ 0.031 mm (M2) (M10)	0.026 mm (M3~M6)
優點	提供較多模數規格	



5. APEX 齒排規格

APEX Q4 規格

	APEX
材質	碳鋼
熱處理	齒面高週波
齒面	研磨 x 2
齒排表面	研磨 x 2
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.02 mm ~ 0.023 mm (M5) (M12)
優點	應用於高階CNC工具機, 其它高定位精度度要求的機器設備或是量測設備



5. APEX 齒排規格

APEX Q4 vs. ATLANTA Q3 (舊目錄中Q4)

	APEX	ATLANTA
材質	碳鋼	S45C
熱處理	齒面高週波	齒面高週波
齒面	研磨 x 2	研磨
齒排表面	研磨 x 2	研磨
總節距誤差 (mm/1000mm)	0.02 mm ~ 0.023 mm (M5) (M12)	0.012 mm (同舊目錄中的 Q4)
優點		較高精度 (?)

對應於齒輪DIN標準 !!



5. APEX 齒排規格

齒面強度 / 進級力 (Feed Force)

➤ 基於材料與熱處理：

- 材質強度 [合金鋼 + 滲碳淬火]
- ~ [合金鋼 + 滲碳高週波]
- ~ [碳鋼 + 高週波]
- >>** [碳鋼 + 正常化]

➤ 基於精度等級：

Q4 >> Q5 >> Q6 >> Q7 >> Q8 > Q9 >> Q10*

(* 若一併考慮熱處理 → Q10 >> Q8, Q9)

➤ 基於齒面角度：

螺旋齒 >> 直齒 (基於齒面寬)

➤ 基於模數：

大模數 >> 小模數



5. APEX 齒排規格

齒排噪音

- 基於齒面加工：
齒面研磨 **dB** << 齒面銑削 **dB**
- 基於齒面角度：
螺旋齒 << 直齒
- 基於精度等級：
Q4 << Q5 << Q6 << Q7 << Q8 << Q9 << Q10
- 基於模數.：
小模數 << 大模數



5. APEX 齒排規格

齒排抗磨耗

➤ 基於材料與熱處理：

- 抗磨耗 〔合金鋼 + 滲碳淬火〕
- ~ 〔合金鋼 + 滲碳高週波〕
- ~ 〔碳鋼 + 高週波〕
- >>** 〔碳鋼 + 正常化〕

➤ 基於精度等級：

Q4 >> Q5 >> Q6 >> Q7 >> Q10 >> Q8 ~ Q9

➤ 基於齒面角度：

直齒 >> 螺旋齒 (基於齒面寬)



5. APEX 齒排規格

量測報告 APEX Q4 / Q5 / Q5H



APEX DYNAMICS, INC.

Quality Certification of Rack

S/N : **GKRDSF**

Module No.	2
Length	1000 mm
Expected Quality	Q5
Helical Angle	19.5283° LH
Pressure Angle	20°

Measurement Report

Item		Specification	Measurement
Over Pin Height	H	$25.904 \leq H \leq 25.924$ mm	25.915
Helical Angle	W_H	Deviation of $W_H \leq 0.008$ mm	0.006
Pressure Angle	W_P	Deviation of $W_P \leq 0.006$ mm	0.004
Single Pitch Error	E_S	$E_S \leq 0.006$ mm / 1000 mm	0.005
Total Pitch Error	E_T	$E_T \leq 0.024$ mm / 1000 mm	0.020

The rack with S/N: 1234567890 fulfills the quality category **Q5** according to the standard of APEX DYNAMICS.

Inspector	
Approval	
Date	

Measurement Report

Item		Specification	Measurement
Over Pin Height	H	$25.904 \leq H \leq 25.924$ mm	25.915
Helical Angle	W_H	Deviation of $W_H \leq 0.008$ mm	0.006
Pressure Angle	W_P	Deviation of $W_P \leq 0.006$ mm	0.004
Single Pitch Error	E_S	$E_S \leq 0.006$ mm / 1000 mm	0.005
Total Pitch Error	E_T	$E_T \leq 0.024$ mm / 1000 mm	0.020

The rack with S/N: **GKRDSF** fulfills the quality category **Q5** according to the standard of APEX DYNAMICS.

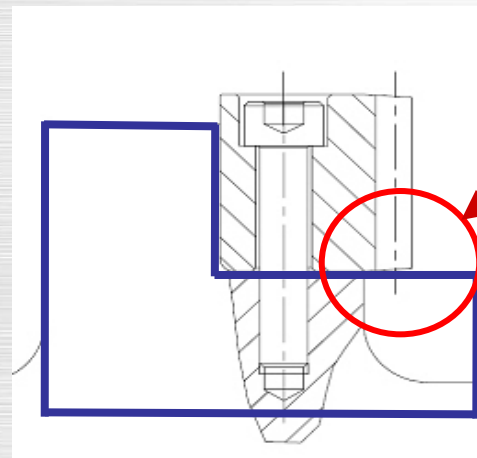
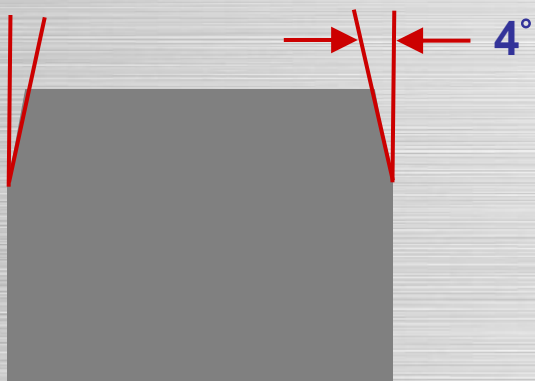
Inspector	
Approval	
Date	2016.08.31



5. APEX 齒排規格

APEX 齒排 4° 倒角 (Q6 等級以上)

專利!



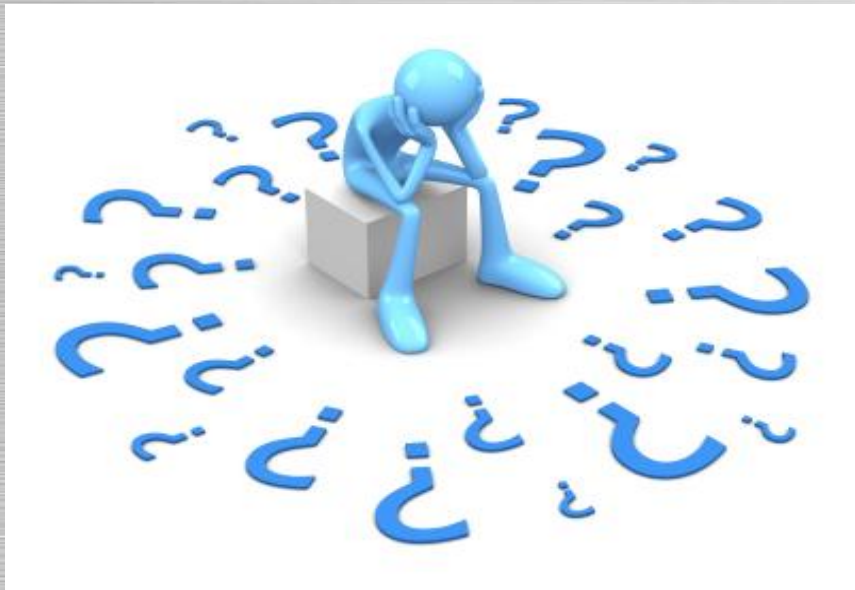
避免干涉





5. APEX 齒排規格

齒排選擇



- 模數？
- 精度等級？
- 齒面高週波並 研磨？
- 扭力 / 進級力？
- 總節距誤差？
- 背隙？



齒排須與齒輪一併選擇！

→ 扭力 / 進級力 / 精度 / 背隙 / 噪音



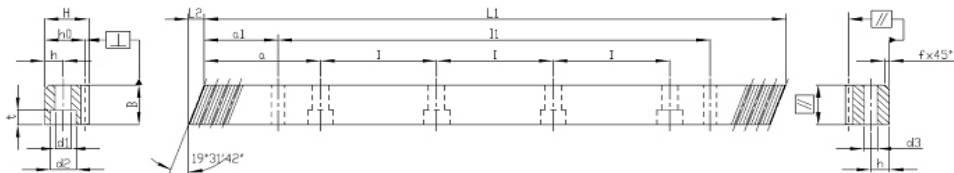
5. APEX 齒排規格

APEX 齒排目錄

Rack with Helical Teeth

Quality 5 / Carbon Steel
 Tooth Thickness Tolerance : $-15 \sim 0 \mu\text{m}$
 Right-Hand Helical Teeth
 Teeth Induction Hardened and Ground
 All Sides Ground

Quality 5 / Carbon Steel
 Tooth Thickness Tolerance : $-15 \sim 0 \mu\text{m}$
 Right-Hand Helical Teeth
 Teeth Induction Hardened and Ground
 All Sides Ground



Mp	Pt ⁽¹⁾	L1	L2	Teeth No.	B	H	ho	f	a	l	Hole No.	h	d1	d2	t	a1	l1	d3	fp ⁽²⁾	Fp ⁽³⁾	Order Code
4	13.33335	506.67	138	38	39	39	35	3	6.25	1.25	4	12	10	15	9	33.3	440.1	7.7	0.007	0.028	0405R050C10
4	13.33335	1000.00	138	75	39	39	35	3	6.25	1.25	8	12	10	15	9	33.3	933.4	7.7	0.007	0.028	0405R100C10
4	13.33335	1000.00	138	75	39	39	35	3	6.25	1.25	8	12	14	20	13	33.3	933.4	11.7	0.007	0.028	0405R100C30
4	13.33335	1506.67	138	113	39	39	35	3	6.25	1.25	12	12	14	20	13	33.3	1440.1	11.7	0.007	0.028	0405R150C30
4	13.33335	2000.00	138	150	39	39	35	3	6.25	1.25	16	12	14	20	13	33.3	1933.4	11.7	0.008	0.032	0405R200C30
5	16.66669	1000.00	174	60	49	39	34	3	6.25	1.25	8	12	14	20	13	37.5	925	11.7	0.007	0.028	0505R100C10
6	20.00003	1000.00	209	50	59	49	43	3	6.25	1.25	8	16	18	26	17	37.5	925	15.7	0.007	0.028	0605R100C10
8	26.66671	960.00	280	36	79	79	71	3	6.0	1.20	8	25	22	33	21	1.20	7.20	19.7	0.008	0.031	0805R100C10
10	33.33339	1000.00	351	30	99	99	89	3	6.25	1.25	8	32	33	48	32	1.25	7.50	19.7	0.008	0.031	1005R100C10
12	40.00006	1000.00	426	25	120	120	108	3	4.0	1.25	8	40	39	58	38	102.5	750	19.7	0.01	0.033	1205R100C10

訂購代碼 Order Code
0405R050C10
0405R100C10

(1) $P_t = \text{Module} \times \pi / \cos \beta$

(2) f_p = Single pitch error

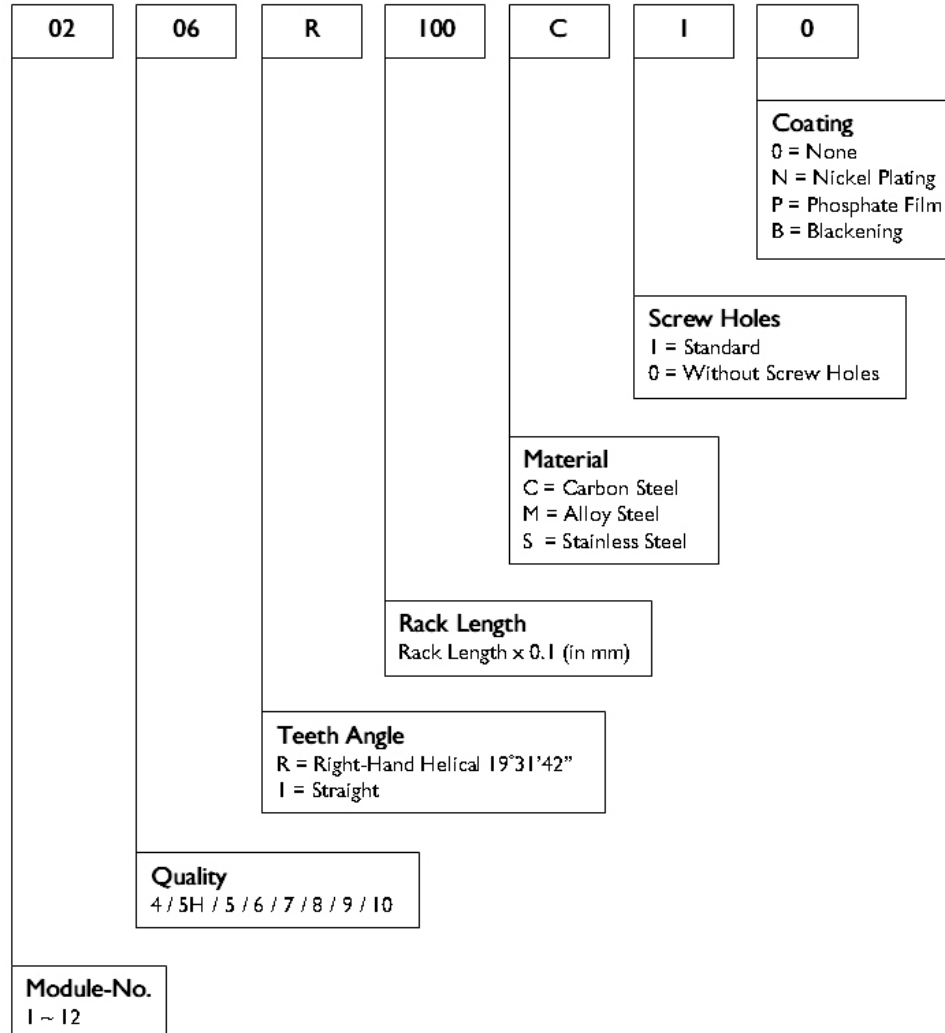
(3) F_p = Total pitch error



5. APEX 齒排規格

APEX 齒排訂購代碼

Example : 02 06 R 100 C I 0





5. APEX 齒排規格

APEX 齒排訂購代碼

Select I .							
ATLANTA Code No.	29 40 105	查詢					
					EUR		
OrderingCode	Description	Unit Price	Q'ty	Total			
ATLANTA	29 40 105	Mn4 / Q6 / Right-Hand Helical / 1000 mm (39x39) / C45 (Carbon Steel)					
corresponding to							
APEX	0406R100C10	Mn4 / Q6 / Right-Hand Helical / 1000 mm (39x39) / Carbon Steel				10	
Select II .							
Module	Quality	Helical Angle	Length	Material	Screw Holes	Coating	Linear Guide Interface
4	Q6	Right-Hand Helical	1000 mm	Carbon Steel	Standrac	No	Without
OrderingCode	Description	Unit Price	Q'ty	Total			
APEX	0406R100C10	Mn4 / Q6 / Right-Hand Helical / 1000 mm (39x39) / Carbon Steel				2	



5. APEX 齒排規格

客製

Inquiry for Rack

Module No.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 1.5 <input type="checkbox"/> 1.75 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 2.5 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 12 Else : _____
Quality (*)	<input type="checkbox"/> Q3 <input type="checkbox"/> Q5+ <input type="checkbox"/> Q5 <input type="checkbox"/> Q6 <input type="checkbox"/> Q8 <input type="checkbox"/> Q10 Else : _____
Single Pitch Error	_____ mm per 1000 mm
Total Pitch Error	_____ mm per 1000 mm
Material	<input type="checkbox"/> S45C <input type="checkbox"/> 16MnCr5 <input type="checkbox"/> SCM440 <input type="checkbox"/> SUS304 Else : _____
Heat-Treatment of Material	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If Yes : <input type="checkbox"/> Case Hardening <input type="checkbox"/> Quenched and Else : _____
Heat-Treatment of Teeth	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If Yes : <input type="checkbox"/> Case Hardening <input type="checkbox"/> Quenched and <input type="checkbox"/> Induction Else : _____
Teeth Machining	<input type="checkbox"/> Milling <input type="checkbox"/> Grinding
Sides Machining	<input type="checkbox"/> Milling <input type="checkbox"/> Grinding

1) 顧客提供工程圖

2) APEX提供工程圖, 顧客確認

3) 顧客須願意接受 ± 10% 訂購量

Helical Angle	<input type="checkbox"/> Straight <input type="checkbox"/> Helical (Standard : Tilting Right, 19.5283 Degree) Else : _____ Degree <input type="checkbox"/> Tilting Left
Pressure Angle	<input type="checkbox"/> Standard (20.00 Degree) Else : _____ Degree
Cross Section	_____ mm x _____ mm
Length	_____ mm
Screw Hole	<input type="checkbox"/> Bolt Dimension _____ mm <input type="checkbox"/> Hole Pitch _____ mm <input type="checkbox"/> Without Screw Hole
Coating	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No If Yes : <input type="checkbox"/> Nickel Plating <input type="checkbox"/> Phosphate Film <input type="checkbox"/> Blackening

(*) For the quality of APEX standard racks please refer to the page 2.

Date, Place

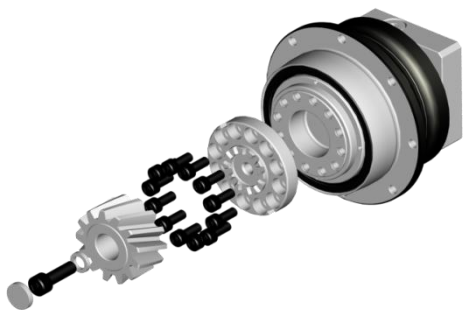
Signature



6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列

A: 曲齒聯結式



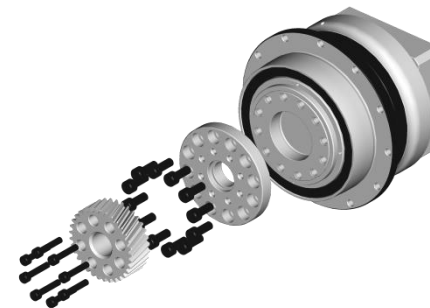
B: 焊接式



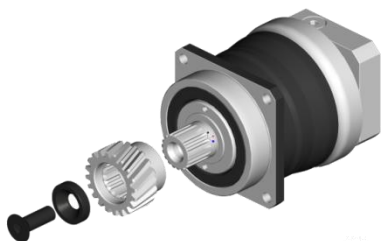
C: 直鎖式



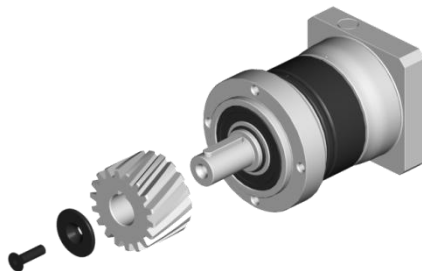
C: 直鎖式加轉接板



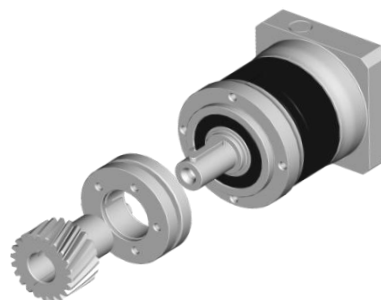
D: DIN 5480



E: 鍵槽式



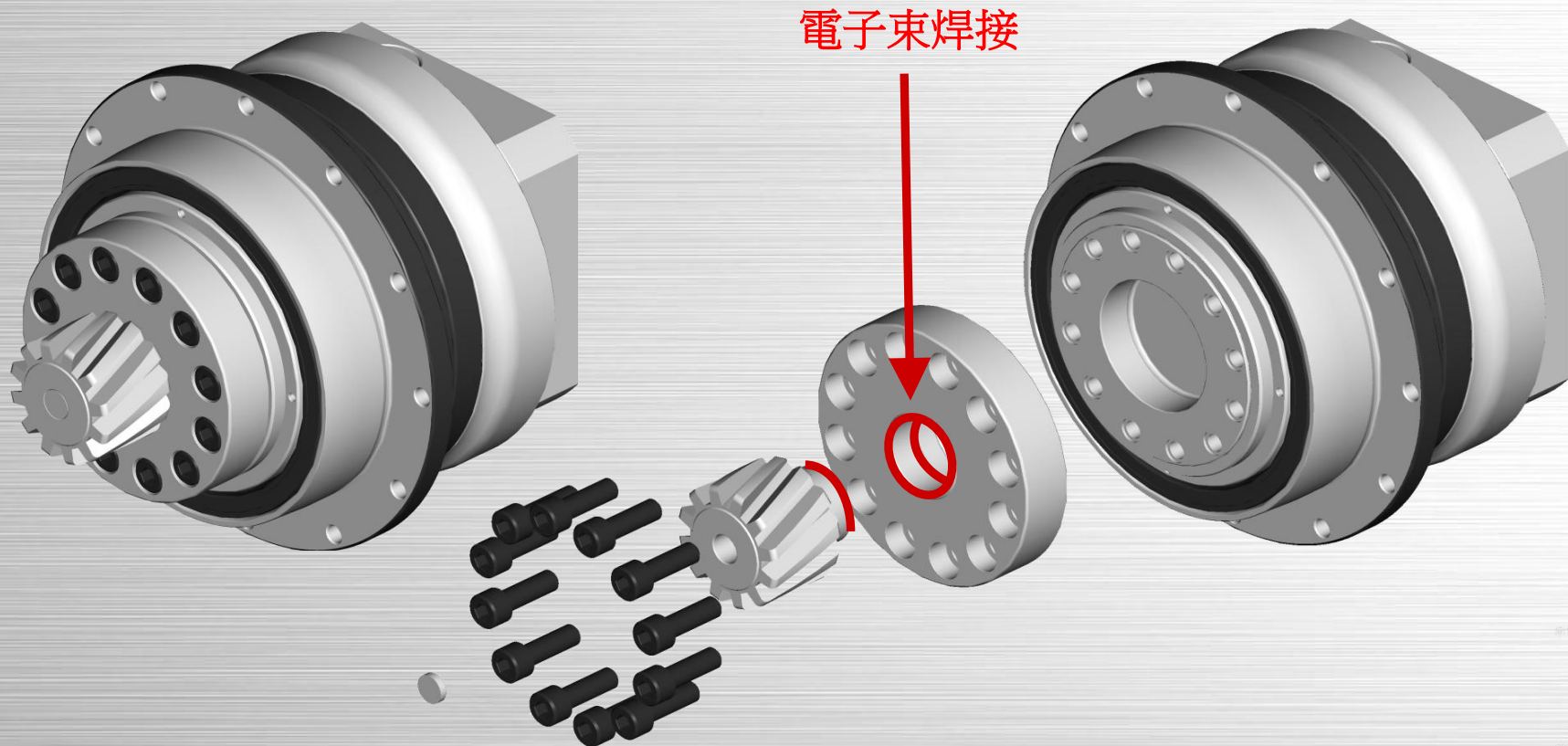
E: 鍵槽式加鎖緊環





6. APEX 齒輪簡介

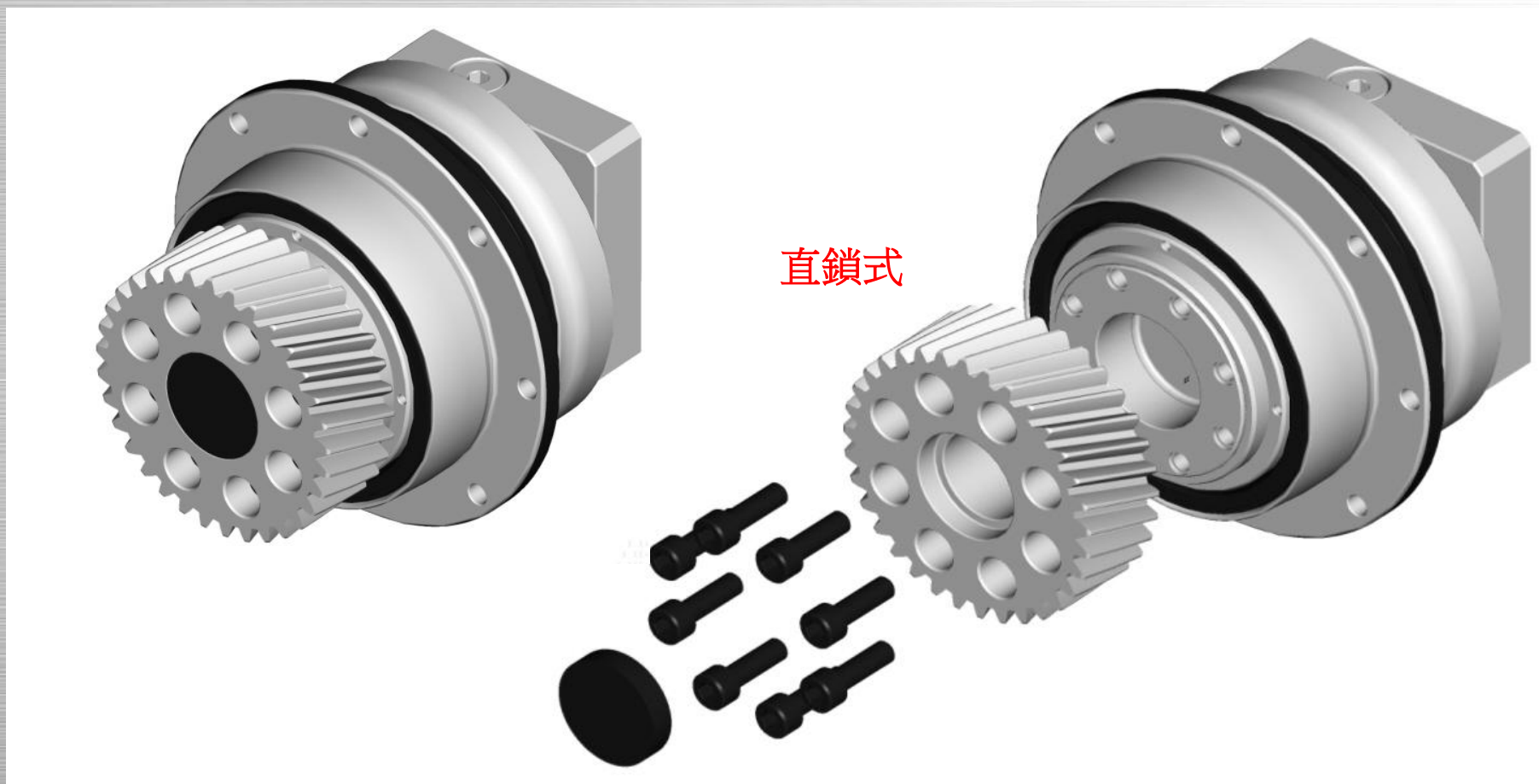
APEX 齒輪系列 B “焊接式“ (EN ISO 9409-1-A)





6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 C “直鎖式” (EN ISO 9409-1-A)

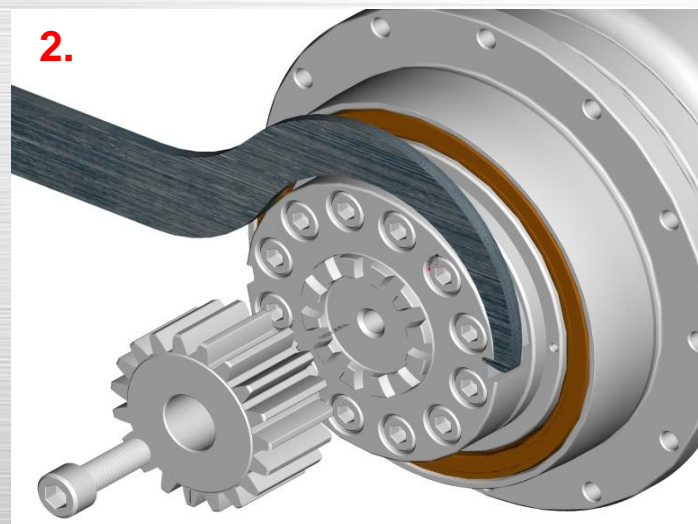
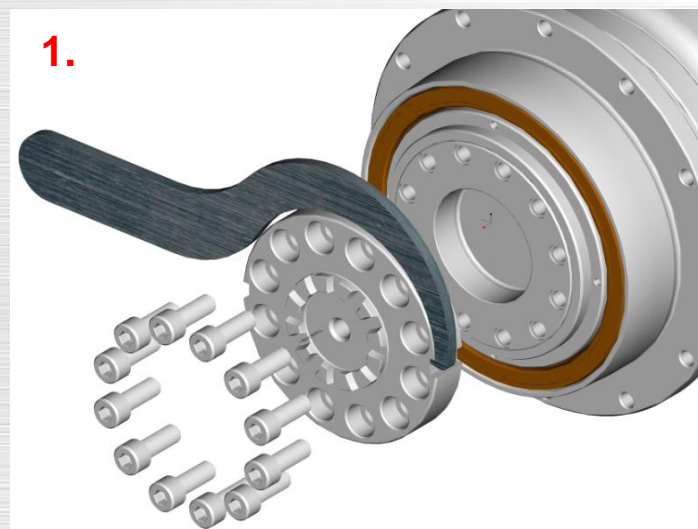
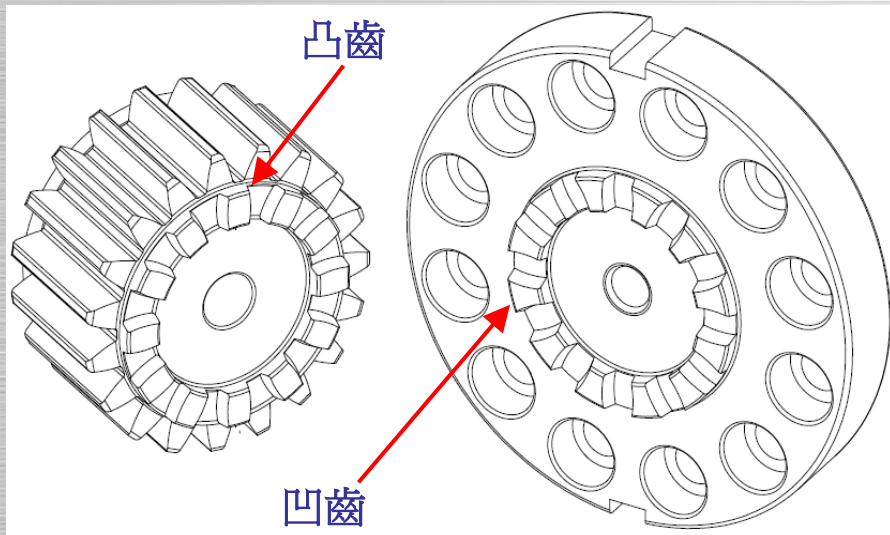




6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 A “曲齒聯結式”

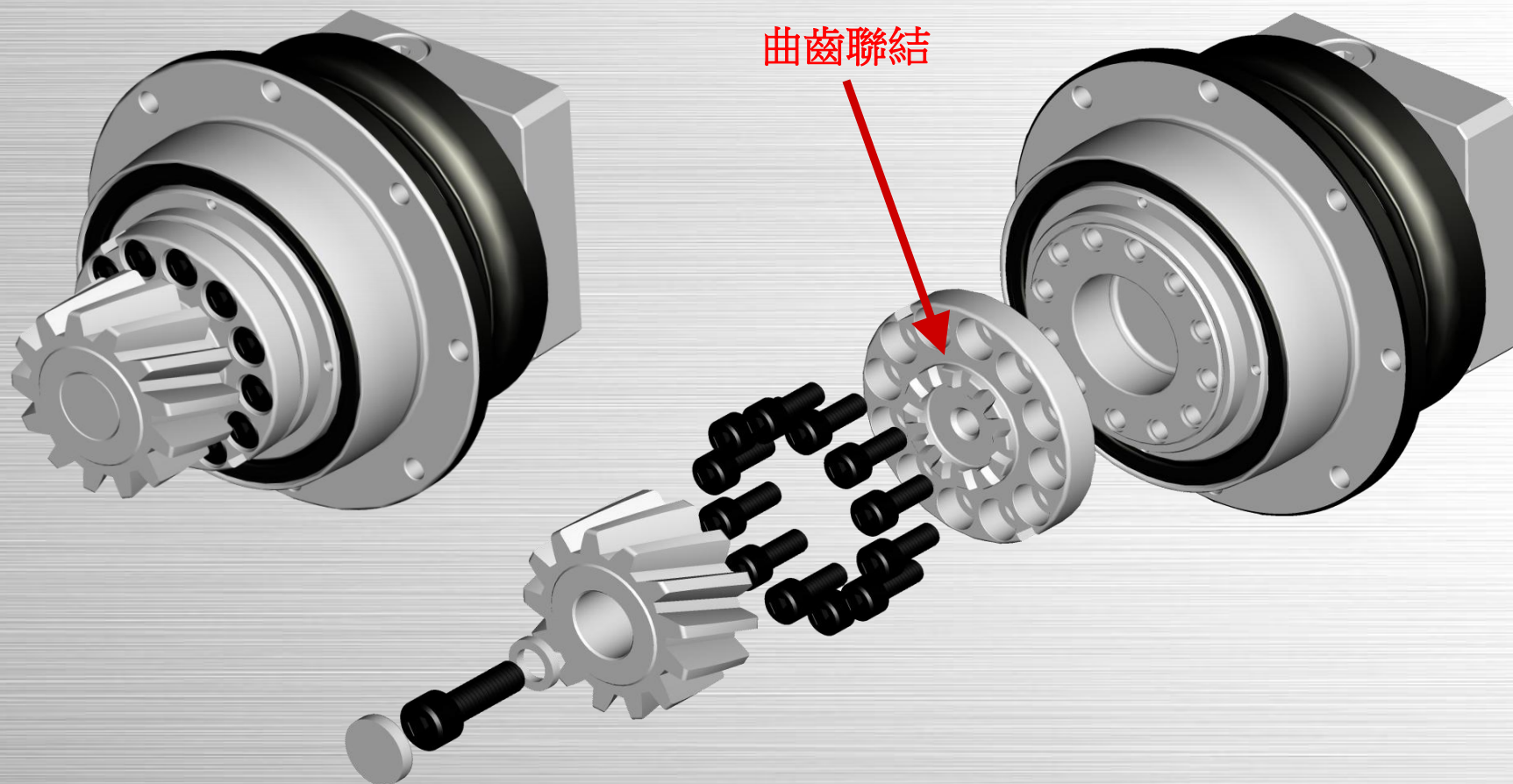
專利!! 曲齒聯結





6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 A “曲齒聯結式”





6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 A “曲齒聯結式”

曲齒聯結 優點

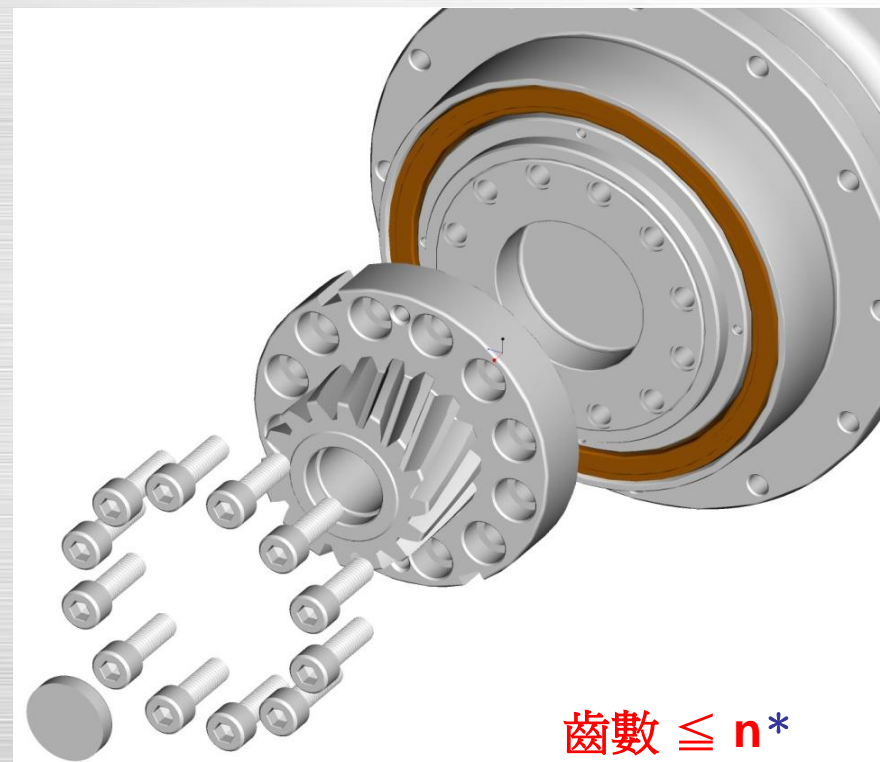
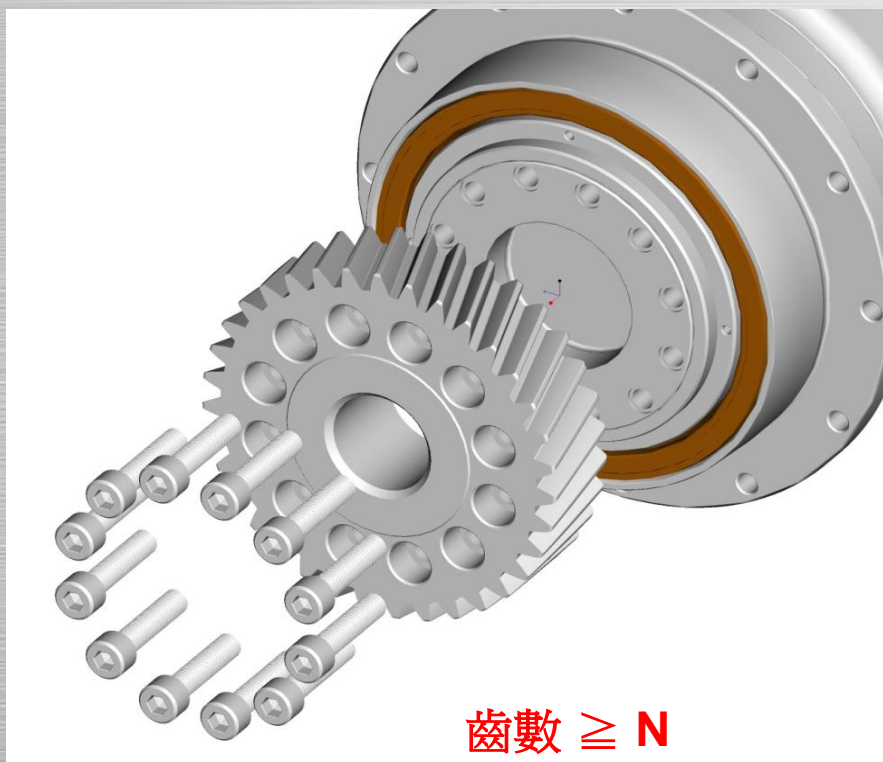
- 全齒咬合
 - 零背隙
 - 自動對心
 - 傳輸高扭力
- 可調整偏擺
- 快速拆裝
- 提供更多齒數配合應用



6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 A “曲齒聯結式”

曲齒聯結 優點



齒輪齒頂可能干涉鎖覆螺絲孔洞



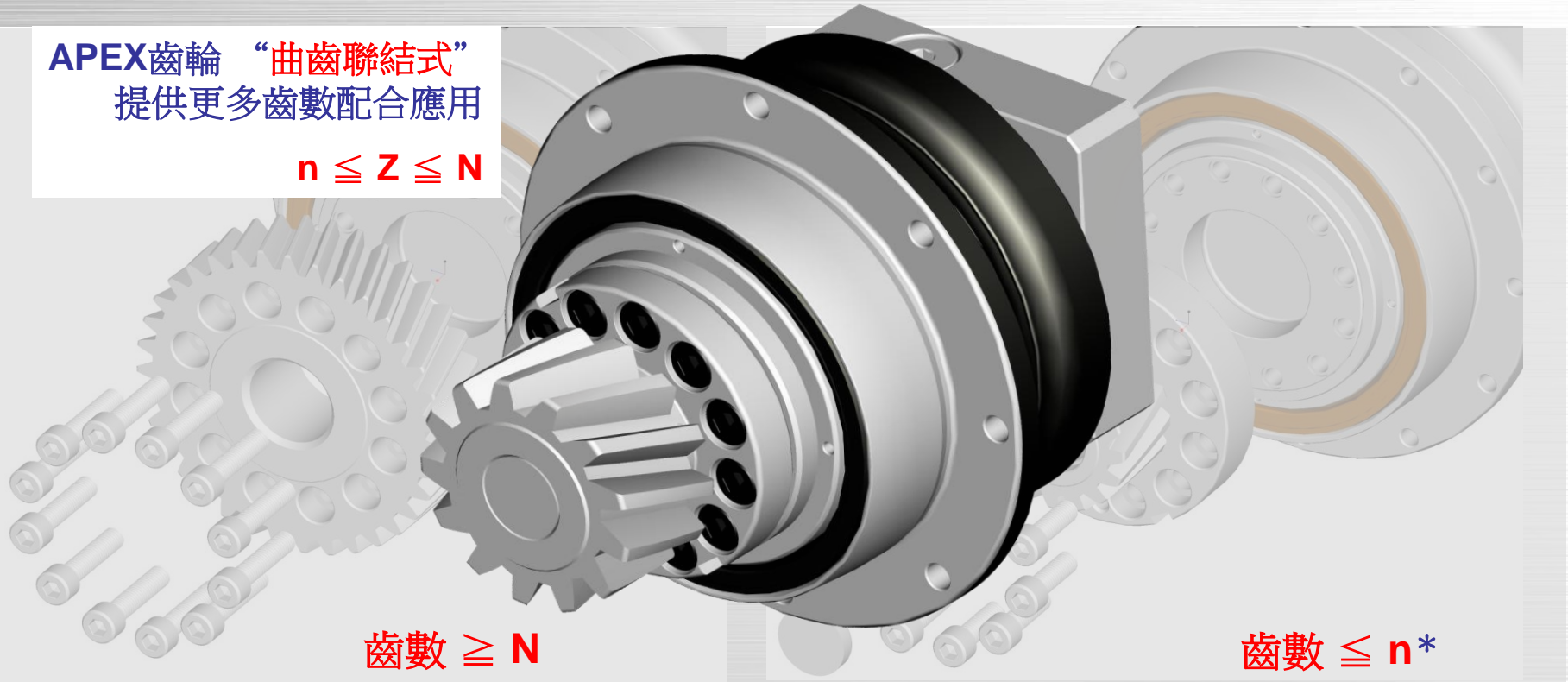
6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 A “曲齒聯結式”

曲齒聯結 優點

APEX齒輪 “曲齒聯結式”
提供更多齒數配合應用

$$n \leq Z \leq N$$



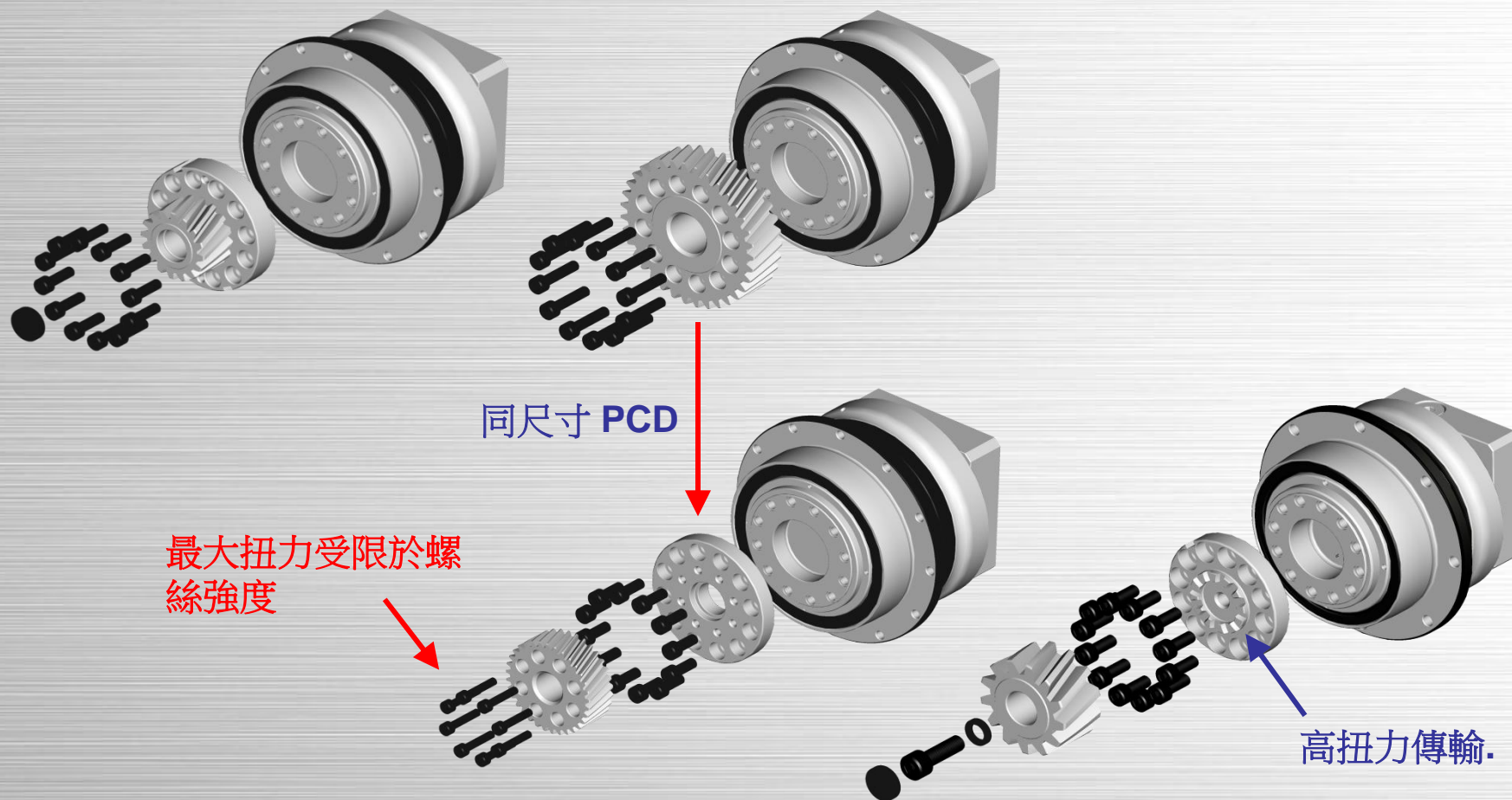
齒數 $\geq N$

齒數 $\leq n^*$



6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 A “**曲齒聯結式**” vs. 直鎖式加轉接板





6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 D “DIN 5480”

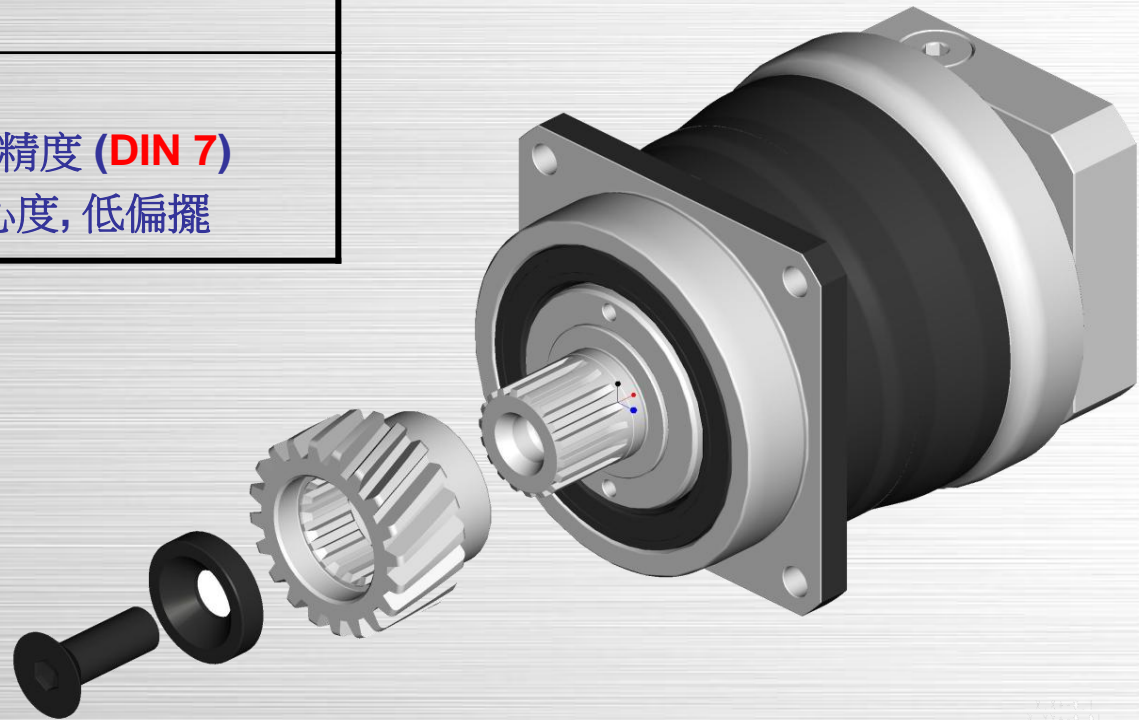
DIN 5480 內齒製程

APEX

滲碳淬火

→ 高強度, 高精度 (DIN 7)

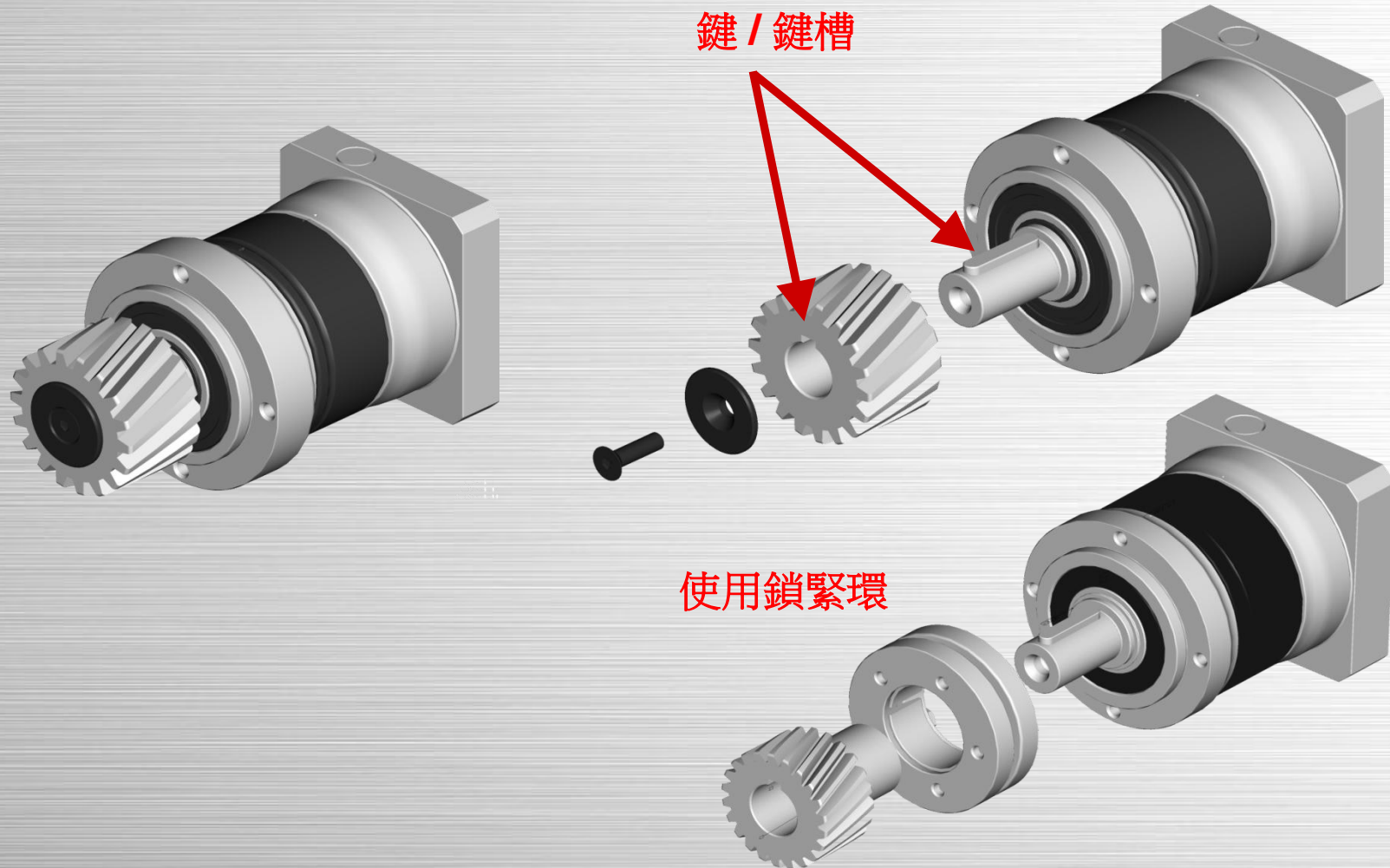
→ 優良的同心度, 低偏擺





6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪系列 E “鍵槽式”

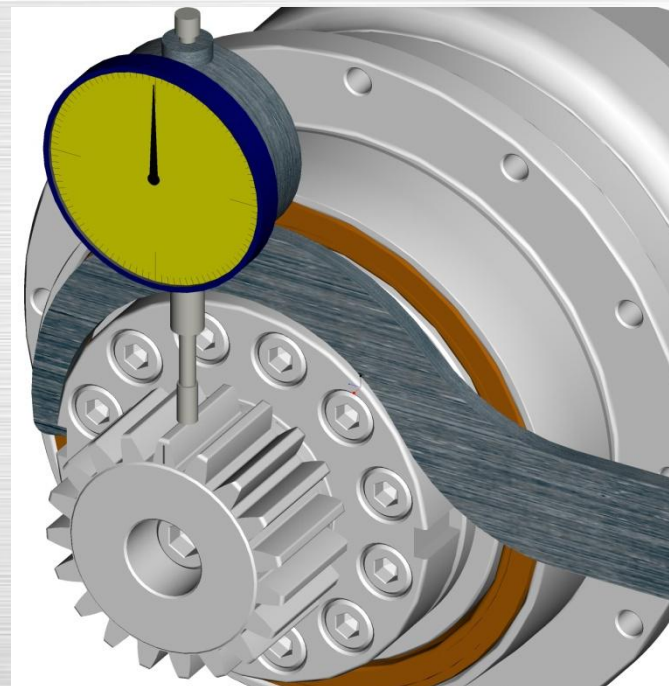
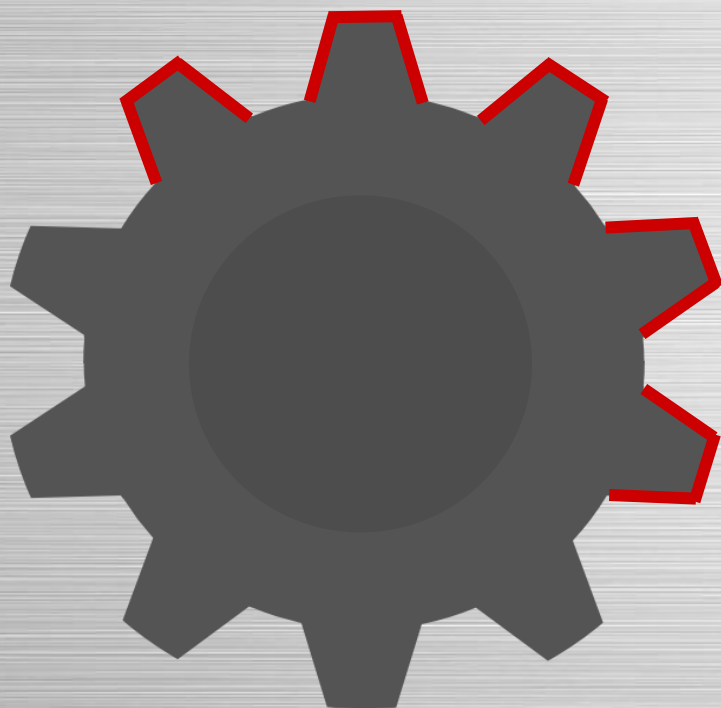




6. APEX 齒輪簡介

APEX齒輪於製程中，齒頂與齒腹同步研磨而成 !!

→ 齒輪安裝於減速機後，偏擺量可經由齒頂量測完成





6. APEX 齒輪簡介

齒輪	APEX	ATLANTA
材質	合金鋼	16MnCr5
熱處理	滲碳淬火	滲碳淬火
齒面	研磨	研磨
Welded Plate	DIN 4	DIN 5
Curvic Plate	DIN 4	--
Teeth Plate	DIN 4	DIN 5
Spline (DIN 5480)	DIN 5*	DIN 5**
Keyway	DIN 5	DIN 6



*: DIN 5480 精度等級 = **DIN 7**

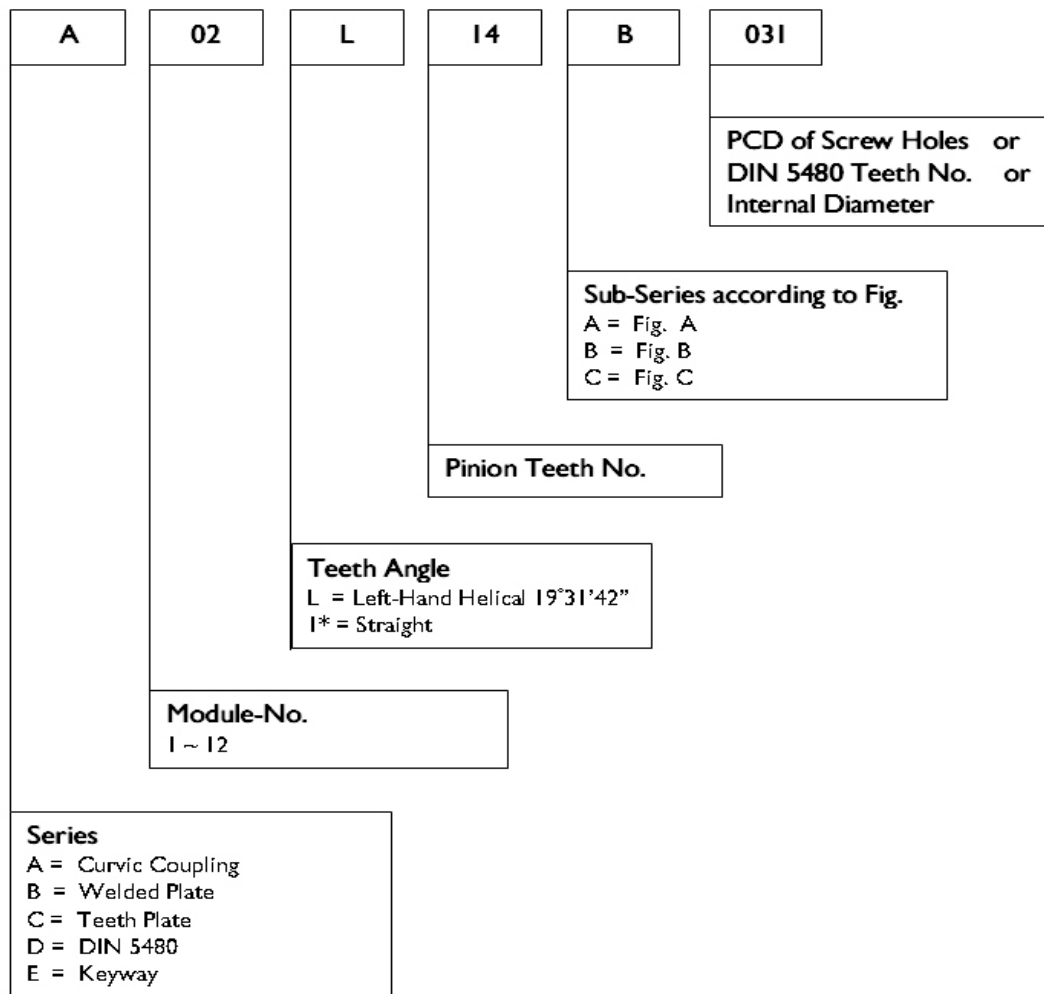
** : 滲碳高週波



6. APEX 齒輪簡介

APEX 齒輪訂購代碼

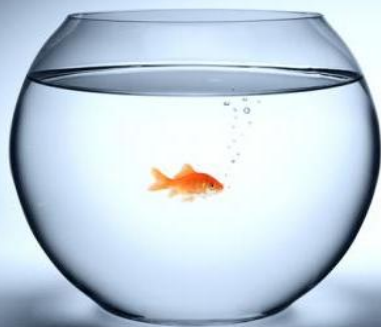
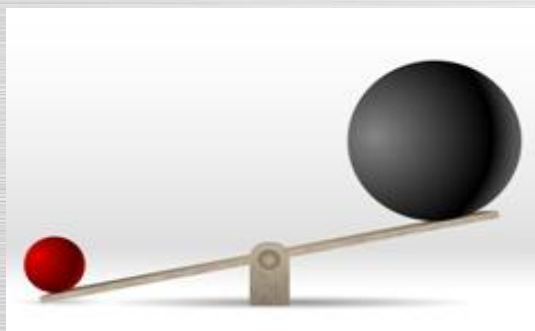
Example : A 02 L 14 B 031





7. 齒排與齒輪的選擇

選擇齒輪 / 大或小??





7. 齒排與齒輪的選擇

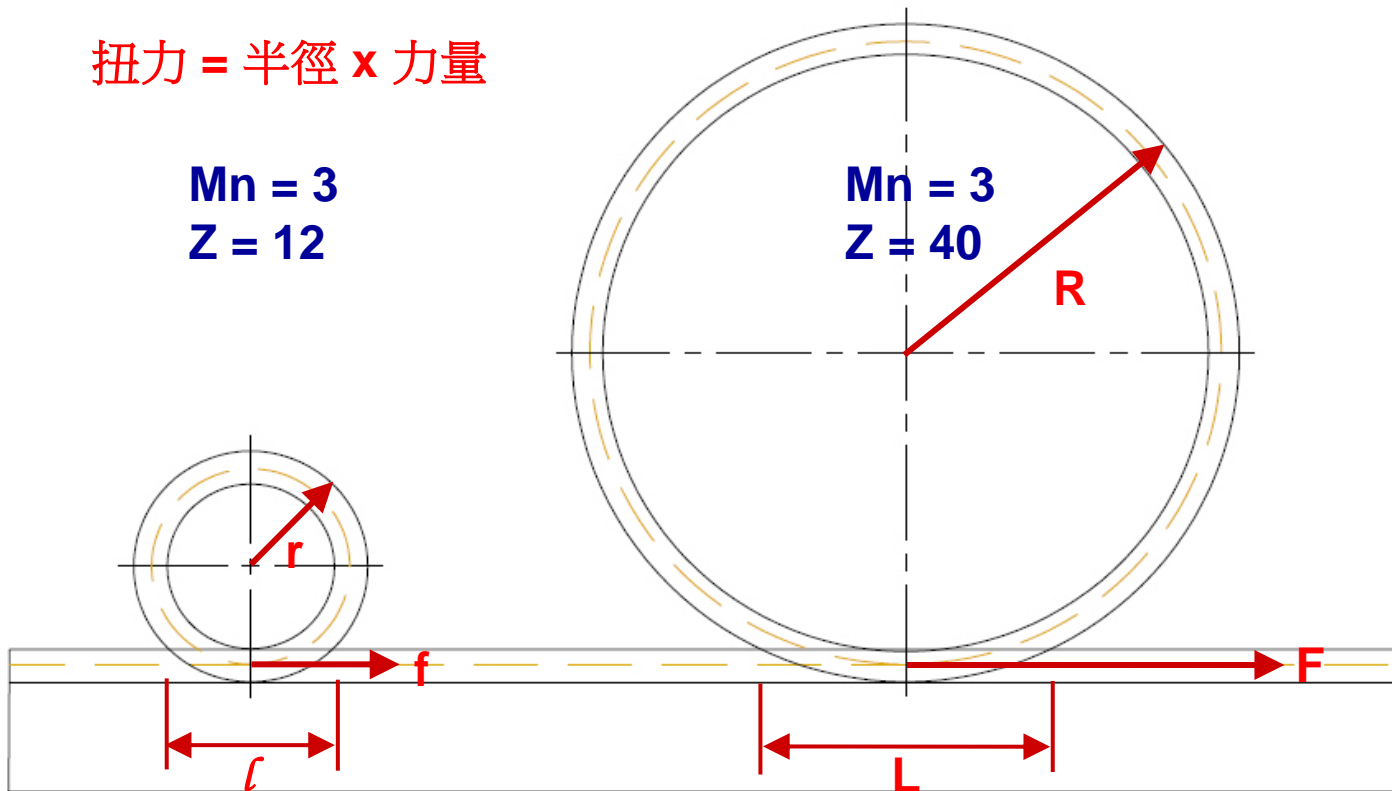
選擇齒輪 / 大或小??

最重要的是 傳輸扭力 !!

扭力 = 半徑 x 力量

$M_n = 3$
 $Z = 12$

$M_n = 3$
 $Z = 40$





7. 齒排與齒輪的選擇

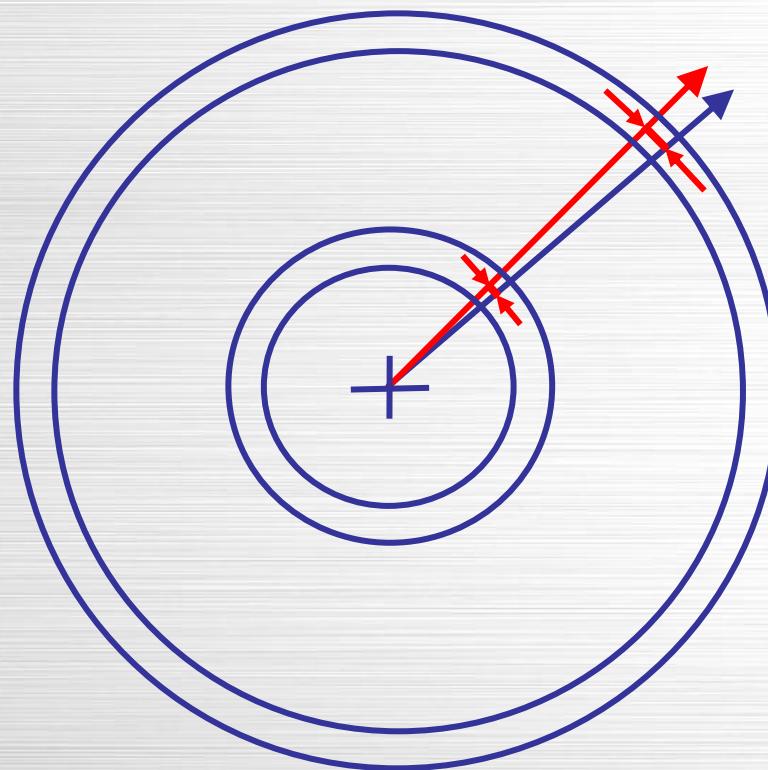
選擇齒輪 / 大或小??

小齒輪 / 少齒數

- 低扭力 / 低轉速
- 配合低比數(單節)減速機 / 低成本
- 高回轉頻率 → 高磨耗 / 壽命短
- 對振動或不平坦較敏感

大齒輪 / 多齒數

- 高扭力 / 高轉速
- 配合高比數(多節)減速機 / 高成本
- 低回轉頻率 → 低磨耗 / 壽命長
- 背隙 / 不準確度會因半徑加大而放大
- 運轉較平順





7. 齒排與齒輪的選擇

APEX齒輪扭力表 / Curvic Plate

Pinion			Rack		Quality	Q4	Q5H	Q5		Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
			Material		Carbon Steel	Alloy Steel	Alloy Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Stainless Steel	Carbon Steel
			Heat-Treatment		Induction	Carburized Induction	Induction	Induction	Induction	Induction	Normalizing	Solution	Induction	
Mn	7	dw	Max. Permissible Feed Force											

Pinion			Rack		Quality	Q4	Q5H	Q5		Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
			Material		Carbon Steel	Alloy Steel	Alloy Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Stainless Steel	Carbon Steel
			Heat-Treatment		Induction	Carburized Induction	Induction	Induction	Induction	Induction	Normalizing	Solution	Induction	
Mn	Z	dw (mm)	Max. Permissible Feed Force											
2	13	27.27	F _{2T} (N)		4,231	4,231		4,231	3,846	769	385	1,923		
			T _{2B} (Nm)		55	55		55	50	10	5	25		
	17	33.95	F _{2T} (N)		5,000	5,000		5,000	4,706	1,471	588	2,059		
			T _{2B} (Nm)		85	85		85	80	25	10	35		
	24	48.81	F _{2T} (N)		8,333	8,333		6,875	6,667	1,458	833	3,542		
			T _{2B} (Nm)		200	200		165	160	35	20	85		

4	21	84.88	F _{2T} (N)		28,690	24,643	24,286	23,810	5,000	2,500	19,167	
			T _{2B} (Nm)		1,205	1,035	1,020	1,000	210	105	805	
	24	97.62	F _{2T} (N)		28,542	24,479	24,063	23,646	6,979	2,813	18,854	
			T _{2B} (Nm)		1,370	1,175	1,155	1,135	335	135	905	
	5	13	68.66	F _{2T} (N)	26,461	26,461	26,461	25,846	25,077	7,385	3,231	18,462
				T _{2B} (Nm)	860	860	860	840	815	240	105	600
15		77.27	F _{2T} (N)	30,533	30,533	30,533	29,867	28,933	9,867	3,867	22,133	
			T _{2B} (Nm)	1,145	1,145	1,145	1,120	1,085	370	145	830	
17		84.88	F _{2T} (N)	31,647	31,647	31,647	30,941	30,000	12,706	4,471	22,706	
			T _{2B} (Nm)	1,345	1,345	1,345	1,315	1,275	540	190	965	
19	95.49	F _{2T} (N)	39,368	39,368	39,368	38,947	38,000	15,052	5,158	31,053		
		T _{2B} (Nm)	1,870	1,870	1,870	1,850	1,805	715	245	1,745		
20	100.80	F _{2T} (N)	38,900	43,400	38,900	38,500	37,800	9,700	3,800	32,500		
		T _{2B} (Nm)	1,945	2,170	1,945	1,925	1,890	485	190	1,625		

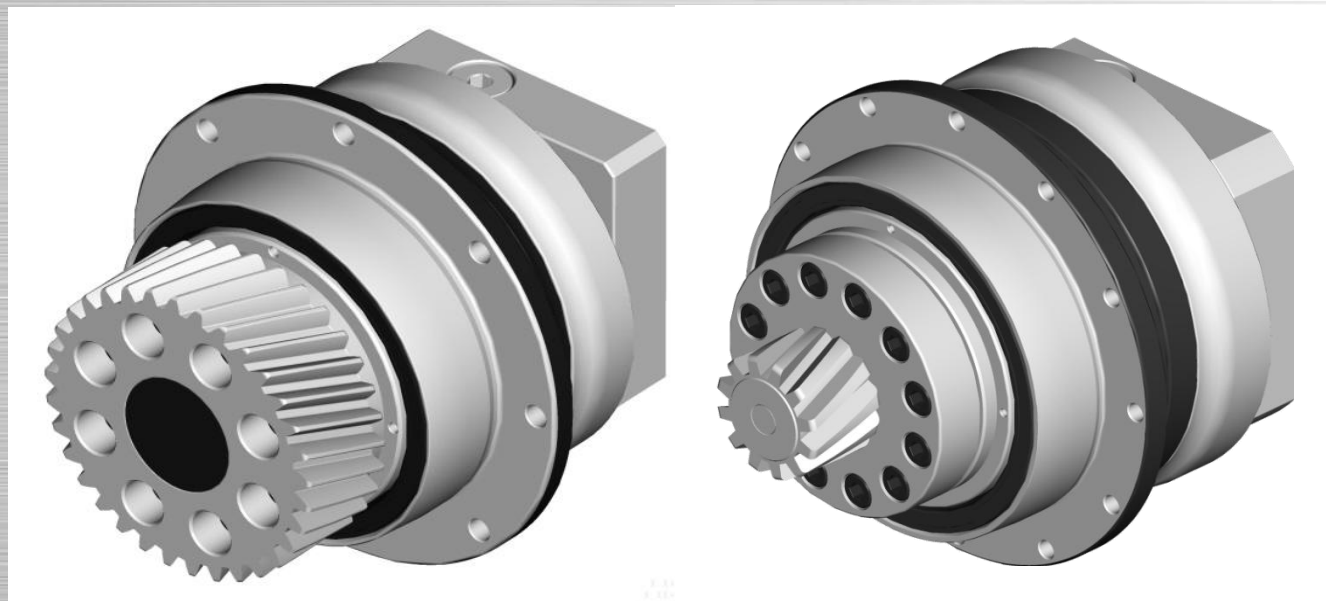


7. 齒排與齒輪的選擇

選擇齒輪 / 大或小??

APEX 建議 : ~ 20 齒 !!

但是 ATLANTA 等公司提出小齒輪 ($z=12\sim14$) 比較好 !?



參考

72, 78~80, 88~90頁!



7. 齒排與齒輪的選擇

選擇齒排與齒輪



參考 62~64, 91頁

計算應用中的扭力

選擇精度等級

有無承靠

壽命

環境要求
噪音?
不鏽鋼? 表面處理?



7. 齒排與齒輪的選擇

選擇齒排與齒輪



參考 62~64, 91頁

APEX HQ

材質
熱處理
供應模數
齒面寬 (齒排與齒輪)
精度等級

客戶

齒輪齒數
直齒 或 斜齒
齒輪於減速機上的鎖固方式
齒排於機床上的安裝方式



7. 齒排與齒輪的選擇

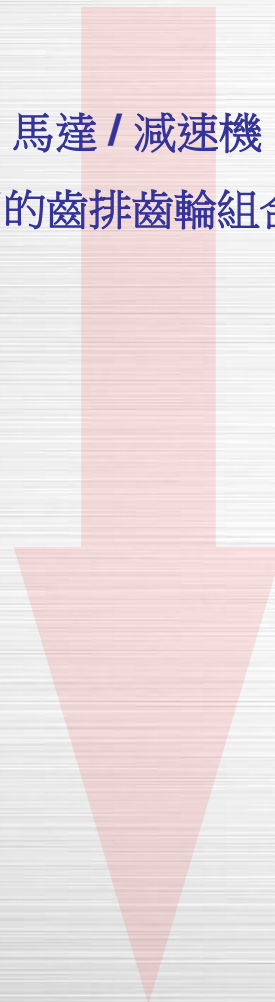
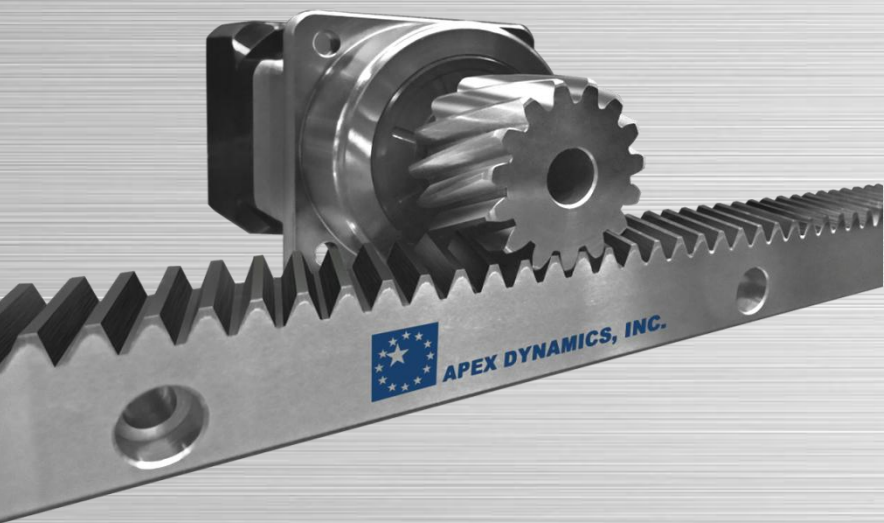
選擇齒排與齒輪

計算應用中的扭力

→ 質量, 加速 / 極速, 馬達 / 減速機

於**扭力表**中選擇合用的齒排齒輪組合

例：扭力 = **320 Nm**





7. 齒排與齒輪的選擇

APEX齒輪扭力表 / Curvic Plate

Rack Pinion			Quality	Q4	Q5H	Q5		Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
			Material	Carbon Steel	Alloy Steel	Alloy Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Stainless Steel	Carbon Steel
			Heat-Treatment	Induction	Carburized Induction	Induction	Induction	Induction	Induction	Normalizing	Solution	Induction
Mn	Z	dw (mm)	Max. Permissible Feed Force									
2	13	27.27	F _{2T} (N)		4,231	4,231		4,231	3,846	769	385	1,923
			T _{2B} (Nm)		55	55		55	50	10	5	25
	17	33.95	F _{2T} (N)		5,000	5,000		5,000	4,706	1,471	588	2,059
			T _{2B} (Nm)		85	85		85	80	25	10	35
	24	48.81	F _{2T} (N)		8,333	8,333		6,875	6,667	1,458	833	3,542
			T _{2B} (Nm)		200	200		165	160	35	20	85
3	13	41.20	F _{2T} (N)		8,462	8,462		8,462	8,205	2,051	1,025	4,615
			T _{2B} (Nm)		165	165		165	160	40	20	90
	20	60.48	F _{2T} (N)		14,833	14,833		13,333	13,000	2,333	1,333	10,000
			T _{2B} (Nm)		445	445		400	390	70	40	300
	27	82.77	F _{2T} (N)		15,679	15,679		13,086	12,716	4,074	1,728	9,630
			T _{2B} (Nm)		635	635		530	515	165	70	390
4	13	54.93	F _{2T} (N)		16,154	16,154	16,154	16,154	15,577	3,846	1,923	10,192
			T _{2B} (Nm)		420	420	420	420	405	100	50	265
	20	81.52	F _{2T} (N)		28,250	28,250	24,375	24,000	23,500	4,375	2,375	19,500
			T _{2B} (Nm)		1,130	1,130	975	960	940	175	95	780
	21	84.88	F _{2T} (N)		28,690	28,690	24,643	24,286	23,810	5,000	2,500	19,167
			T _{2B} (Nm)		1,205	1,205	1,035	1,020	1,000	210	105	805
24	97.62	F _{2T} (N)		28,542	28,542	24,479	24,063	23,646	6,979	2,813	18,854	
		T _{2B} (Nm)		1,370	1,370	1,175	1,155	1,135	335	135	905	
5	13	68.66	F _{2T} (N)	26,461	26,461	26,461	25,846	25,077	7,385	3,231	18,462	
			T _{2B} (Nm)	860	860	860	840	815	240	105	600	
	15	77.27	F _{2T} (N)	30,533	30,533	30,533	29,867	28,933	9,867	3,867	22,133	
			T _{2B} (Nm)	1,145	1,145	1,145	1,120	1,085	370	145	830	
	17	84.88	F _{2T} (N)	31,647	31,647	31,647	30,941	30,000	12,706	4,471	22,706	
			T _{2B} (Nm)	1,345	1,345	1,345	1,315	1,275	540	190	965	
	19	95.49	F _{2T} (N)	39,368	39,368	39,368	38,947	38,000	15,052	5,158	31,053	
			T _{2B} (Nm)	1,870	1,870	1,870	1,850	1,805	715	245	1,745	
	20	100.80	F _{2T} (N)	38,900	43,400	38,900	38,500	37,800	9,700	3,800	32,500	
			T _{2B} (Nm)	1,945	2,170	1,945	1,925	1,890	485	190	1,625	



7. 齒排與齒輪的選擇

選擇齒排與齒輪

計算應用中的扭力

→ 質量, 加速 / 極速, 馬達 / 減速機

於**扭力表**中選擇合用的齒排齒輪組合

例 : 扭力 = **320 Nm**

→ M3+Q10+Z27 或 M3+Q7+Z20 或 M4+Q8+Z24 或
M4+Q7+Z13 或 M5+Q8+Z15 都可能合用 !

→ 精度要求 (應用中有無光學尺) ?

→ 抗磨耗要求? (運轉頻率?)

→ 有無承靠? (Q5H?)

→ 總成本? (齒排, 齒輪, 減速機, 馬達)



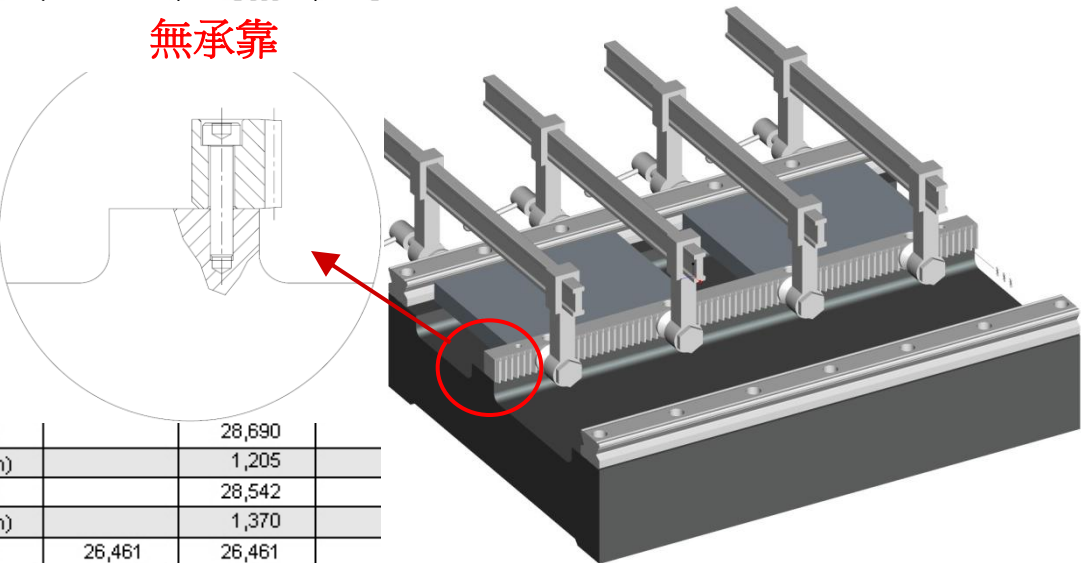


7. 齒排與齒輪的選擇

APEX齒輪扭力表 / Curvic Plate

Rack			Quality	Q4	Q5H	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
			Material	Carbon Steel	Alloy Steel	Alloy Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Carbon Steel	Stainless Steel	Carbon Steel
			Heat-Treatment	Induction	Carburized Induction	Induction	Induction	Induction	Induction	Normalizing	Solution	Induction
Mn	Z	dw (mm)	Max. Permissible Feed Force									
2	13	27.27	F _{2T} (N)		4,231	4,231		4,231	3,846	769	385	1,923
			T _{2B} (Nm)		55	55		55	50	10	5	25
	17	33.95	F _{2T} (N)								3	2,059
			T _{2B} (Nm)								0	35
	24	48.81	F _{2T} (N)								3	3,542
			T _{2B} (Nm)								0	85
3	13	41.20	F _{2T} (N)							5	4,615	
			T _{2B} (Nm)							0	90	
	20	60.48	F _{2T} (N)							3	10,000	
			T _{2B} (Nm)							0	300	
	27	82.77	F _{2T} (N)							3	9,630	
			T _{2B} (Nm)							0	390	
4	13	54.93	F _{2T} (N)							3	10,192	
			T _{2B} (Nm)							0	265	
	20	81.52	F _{2T} (N)							5	19,500	
			T _{2B} (Nm)							5	780	
	21	84.88	F _{2T} (N)			28,690					0	19,167
			T _{2B} (Nm)			1,205					5	805
24	97.62	F _{2T} (N)			28,542					3	18,854	
		T _{2B} (Nm)			1,370					5	905	
5	13	68.66	F _{2T} (N)	26,461	26,461						1	18,462
			T _{2B} (Nm)	860	860		860	840	815	240	105	600
	15	77.27	F _{2T} (N)	30,533	30,533		30,533	29,867	28,933	9,867	3,867	22,133
			T _{2B} (Nm)	1,145	1,145		1,145	1,120	1,085	370	145	830
	17	84.88	F _{2T} (N)	31,647	31,647		31,647	30,941	30,000	12,706	4,471	22,706
			T _{2B} (Nm)	1,345	1,345		1,345	1,315	1,275	540	190	965
	19	95.49	F _{2T} (N)	39,368	39,368		39,368	38,947	38,000	15,052	5,158	31,053
			T _{2B} (Nm)	1,870	1,870		1,870	1,850	1,805	715	245	1,745
	20	100.80	F _{2T} (N)	38,900	43,400		38,900	38,500	37,800	9,700	3,800	32,500
			T _{2B} (Nm)	1,945	2,170		1,945	1,925	1,890	485	190	1,625

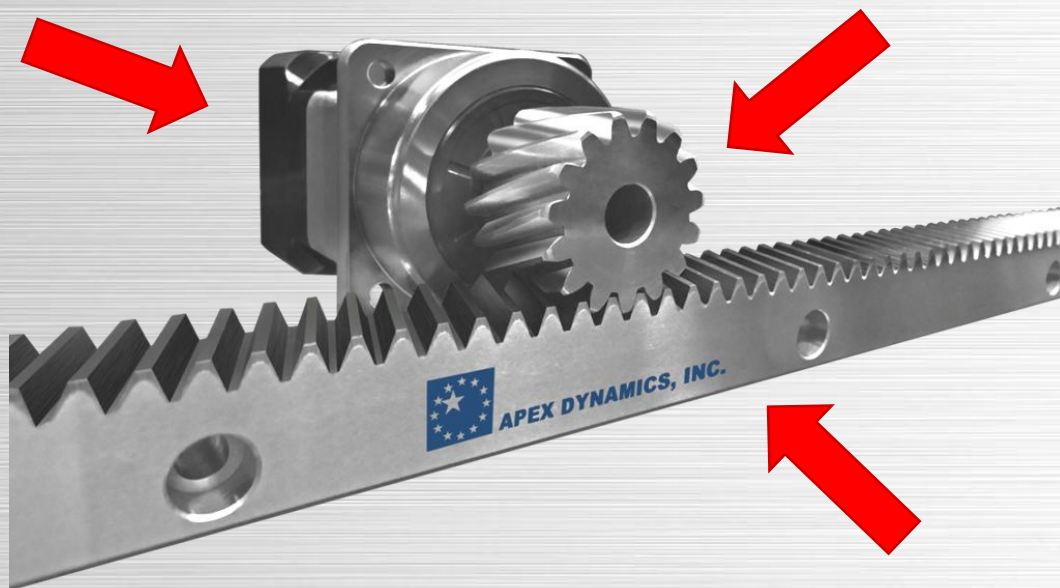
無承靠





7. 齒排與齒輪的選擇

選擇齒排與齒輪



APEX一手包辦設計與製造 !!
對顧客, 品質有保證 !!



7. 齒排與齒輪的選擇

APEX Agents 的工作

- Q6 = Q6 ?? → 行銷：價格比較 vs. 品質比較
- 低利潤產品 → 無大訂單折扣
- 大批量 / 庫存 (原廠包裝狀態可以保固2年)
- APEX 包裝運送至 APEX Agents 處 (海運優先)
- APEX Agents 包裝運送至客戶處





APEX DYNAMICS, INC. / TAIWAN