

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

台中市台灣大道二段 285 號 20F

TEL : 886-423232026 , Website : www.ltac.com.tw ,

Email : salestw@ltac.com.tw



文件序號：T2020178

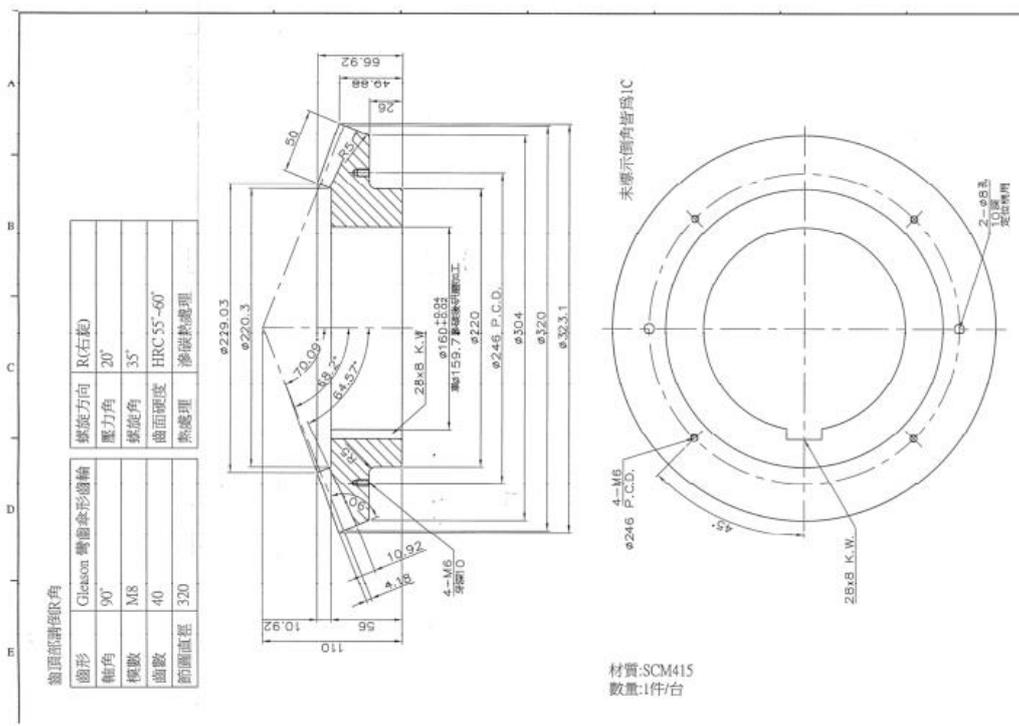
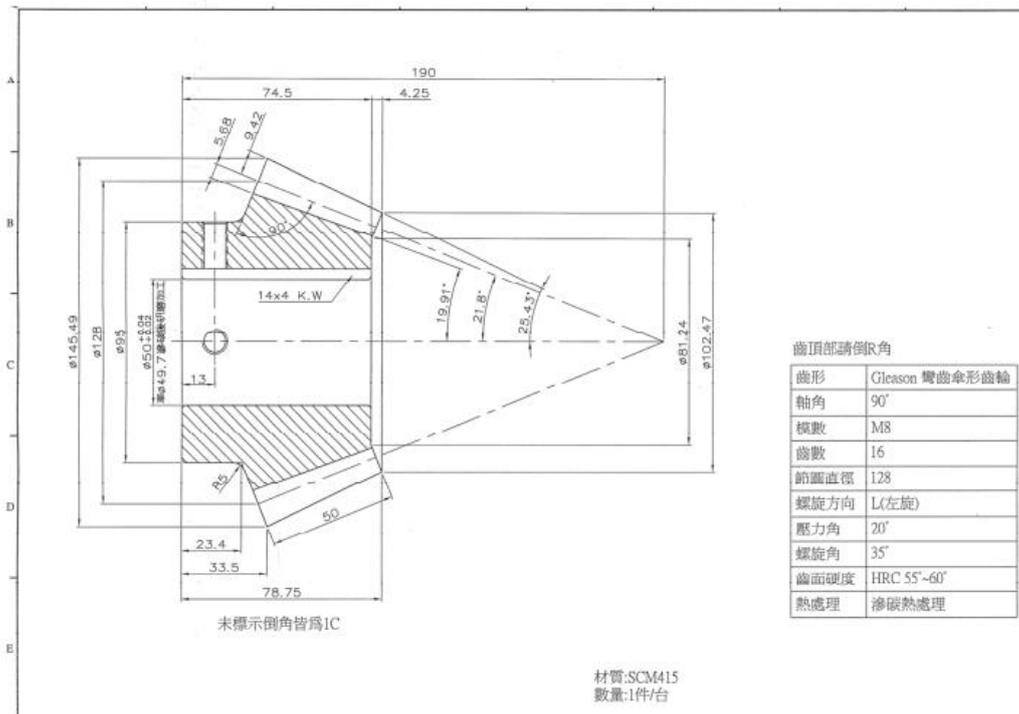
技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	彎齒傘形齒輪計算例-2
重點	彎齒傘形齒輪計算例-2
產出日期	2020/03/23
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



問：

前回，材質為 SCM415 之彎齒傘形齒輪，M7-15TLH / M7-45TRH，如果條件不變，換成 M8-16TLH/M8-40TRH 齒幅改為 50mm 時，其容許強度會增加多少（小齒輪之轉速為 135RPM）？又彎齒傘形齒輪的齒厚要如何計算？





答：

依 GLEASON 之計算公式、彎曲（抗折）強度計算 [JGMA403-01]及彎齒傘形齒輪 齒面（面壓）強度計算 [JGMA404-01]，得以下之計算結果如下，請依實際的負荷判斷齒輪的強度是否足夠。齒輪的損壞原因很多，強度不足僅是其中原因之一。通常只有小齒輪發生損壞時，應該是屬於小齒輪強度不足所引起的，這時變更小齒輪的材料、提高小齒輪的硬度，可以獲得改善。另外，螺絲或機殼上異物的掉落、熱處理不當造成齒根部的淬火裂痕，也是在齒輪使用一段時間（4 個月）後，急性損壞的常見原因，敬請一併檢討。

彎齒傘形齒輪 尺寸計算

齒輪種類	GLEASON 彎齒傘形齒輪	
軸角	90° 0' 0"	
正面（軸直角）模數	7	
齒直角壓力角	20° 0' 0"	
螺旋角	35° 0' 0"	
	小齒輪	大齒輪
齒數	16	40
縱轉位係數	0.3864	-0.3864
圓弧齒厚係數（橫轉位係	0.02571	-0.02571
圓錐距離	172.32527	
齒幅（齒面寬）	50	
基準圓（節圓）直徑	128	320
齒冠高	11.0912	4.9088
齒根高	6.4128	12.5952
全齒高	17.504	17.504
外端齒頂圓直徑	148.59584	323.64617
裝配距離	190	110
全長	79.18576	67.39965
外端齒頂尖端至裝配底部	34.11917	50.55771
內端齒頂圓直徑	104.67057	229.41643
基準圓錐角（節錐角）	21°48' 5"	68°11'55"
齒頂圓錐角	25°58'54"	70°19'47"



齒底圓錐角	19°40'13"	64°1'6"
正面咬合率	1.57519	
圓弧齒厚	15.02229	10.11045
弦齒厚	14.98781	10.10876
弦齒高	11.50044	4.93846

彎齒傘形齒輪 彎曲（抗折）強度計算 [JGMA403-01]

- 適用模數 1.5~25 mm
 適用節圓直徑 d ~1600 mm 直齒傘形齒輪
 ~1000 mm 彎齒傘形齒輪
 適用圓周速率 v ~25 m/s
 適用回轉速率 n ~3600 rpm

$$F_m = \frac{102P}{v_m} = \frac{1.95 \times 10^6 P}{d'n} = \frac{2000T}{d'}$$

$$P = \frac{F_m v_m}{102} = \frac{10^{-6}}{1.95} F_m d' n$$

$$T = \frac{F_m d'}{2000} = \frac{974P}{n}$$

$$F_t \leq F_{t\lim}$$

$$\sigma_F \leq \sigma_{F\lim}$$

$$F_{m\lim} = 0.85 \cos \beta_m \sigma_{F\lim} \frac{R_a - 0.5b}{R_a} \frac{mb}{Y_F Y_\epsilon Y_\beta Y_C} \left(\frac{K_L K_{FX}}{K_M K_V K_O} \right) \frac{1}{K_R}$$

$$\sigma_F = F_m \frac{Y_F Y_\epsilon Y_\beta Y_C}{0.85 \cos \beta_m mb} \frac{R_a}{R_a - 0.5b} \left(\frac{K_M K_V K_O}{K_L K_{FX}} \right) K_R$$

容許圓周力 $F_{tn\lim}$ (kgf)	1812.233	1856.0752
容許力矩 (kgf·m)	99.15675	253.88897
容許動力 (kW)	13.74692	14.07949
齒輪種類	GLEASON 彎齒傘形齒輪	
軸角	90° 0' 0"	
正面（軸直角）模數	7	
齒直角壓力角	20° 0' 0"	

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

台中市台灣大道二段 285 號 20F

TEL : 886-423232026 , Website : www.ltac.com.tw ,

Email : salestw@ltac.com.tw



螺旋角	35° 0' 0"	
	小齒輪	大齒輪
齒數	16	40
基準圓 (節圓) 直徑	128	320
基準圓錐角 (節錐角)	21°48' 5"	68°11'55"
圓錐距離	172.32527	
齒幅 (齒面寬)	50	
中央節圓直徑	109.43047	273.57617
齒冠高	9.4208	4.1792
齒根高	5.6832	10.9248
全齒高	15.104	15.104
齒頂圓直徑	145.49399	323.10423
正面咬合率	1.24773	
重疊咬合率	1.6294	
精度	JIS 3	JIS 3
CROWNING 加工	有	
刀具直徑	304.8	
材料	SCM415	SCM415
熱處理	滲碳熱處理	滲碳熱處理
芯部硬度	HB 270	HB 270
齒面硬度	HV 600	HV 600
轉速 (rpm)	135	54
圓周切線速度 (m/s)	0.90471	
反覆次數	10,000,000 以上	
負荷方向	兩方向	
齒輪的支撐方法	兩齒輪皆單側支撐	
軸心及齒輪箱之剛性	普通	
有效齒幅 (齒面寬)	50	
齒形係數基本值	2.31791	2.26316



齒形係數	2.31791	2.26316
荷重分配係數	0.80146	
螺旋角係數	0.75	
刀具直徑影響係數	0.95	
壽命係數	1	1
尺寸係數	0.96	0.96
齒向荷重分佈係數	1.8	
動荷重係數	1	1
過負荷係數	1.25	
信賴度係數	1.2	
容許齒根彎曲應力 σ_{Flim} (kgf/mm ²)	28.333	28.333

彎齒傘形齒輪 齒面（面壓）強度計算 [JGMA404-01] 2012/03/26

- 適用模數 1.5~25 mm
- 適用節圓直徑 d ~1600 mm 直齒傘形齒輪
- ~1000 mm 彎齒傘形齒輪
- 適用圓周速率 v ~25 m/s
- 適用回轉速率 n ~3600 rpm

$$F_m = \frac{102P}{v_m} = \frac{1.95 \times 10^6 P}{d'n} = \frac{2000T}{d'}$$

$$v = \frac{\pi d' n}{60000}$$

$$P = \frac{F_m v_m}{102} = \frac{10^{-6}}{1.95} F_m d' n$$

$$T = \frac{F_m d'}{2000} = \frac{974P}{n}$$

$$F_t \leq F_{tlim}$$

$$\sigma_H \leq \sigma_{Hlim}$$

$$F_{mlim} = \left(\frac{\sigma_{Hlim}}{Z_M} \right)^2 \frac{d_{01}}{\cos \delta_{01}} \frac{R_a - 0.5b}{R_a} b \frac{i^2}{i^2 + 1} \left(\frac{K_{HL} Z_M Z_R Z_V Z_W K_{HX}}{Z_H Z_H Z_\beta} \right)^2 \frac{1}{K_{H\beta} K_V K_O C_R^2}$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\cos \delta_{01} F_m i^2 + 1}{d_{01} b} \frac{R_a}{R_a - 0.5b} \frac{Z_H Z_M Z_\epsilon Z_\beta}{K_{HL} Z_L Z_R Z_V Z_W K_{HX}}} \sqrt{K_{H\beta} K_V K_O C_R}$$

容許圓周力 F_{tlim} (kgf)	2157.1941	2157.1941
容許力矩 (kgf · m)	118.03138	295.07844
容許動力 (kW)	16.36366	16.36366

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

台中市台灣大道二段 285 號 20F

TEL : 886-423232026 , Website : www.ltic.com.tw ,

Email : salestw@ltic.com.tw



齒輪種類			GLEASON 彎齒傘形齒輪		
軸角	90° 0' 0"				
正面 (軸直角) 模數	8				
齒直角壓力角	20° 0' 0"				
螺旋角	35° 0' 0"				
	小齒輪		大齒輪		
齒數	16		40		
基準圓 (節圓) 直徑	128		320		
基準圓錐角 (節錐角)	21°48' 5"		68°11'55"		
圓錐距離	172.32527				
齒幅 (齒面寬)	50				
中央節圓直徑	109.43047		273.57617		
齒冠高	9.4208		4.1792		
齒根高	5.6832		10.9248		
全齒高	15.104		15.104		
齒頂圓直徑	145.49399		323.10423		
正面咬合率	1.24773				
重疊咬合率	1.6294				
精度	JIS 3		JIS 3		
CROWNING 加工	有				
齒面精加工方法	精切削		精切削		
齒面平均粗度 (Rmax)	12.5		12.5		
材料	SCM415		SCM415		
熱處理	滲碳熱處理		滲碳熱處理		
芯部硬度	HB 270		HB 270		
齒面硬度	HV 600		HV 600		
轉速 (rpm)	135		54		
圓周切線速度 (m/s)	0.90471				
潤滑油之動黏度 (cSt)	100				

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

台中市台灣大道二段 285 號 20F

TEL : 886-423232026 , Website : www.ltic.com.tw ,

Email : salestw@ltic.com.tw



反覆次數	10,000,000 以上	
負荷方向	兩方向	
齒輪的支撐方法	兩齒輪皆單側支撐	
軸心及齒輪箱之剛性	普通	
有效齒幅 (齒面寬)	50	
領域係數	2.13072	
材料常數係數 (kgf/mm ²) ^{0.5}	60.60368	
咬合率係數	0.89524	
螺旋角係數	1	
壽命係數	1	
潤滑油係數	1.0051	1.0051
粗度係數	0.91875	0.91875
潤滑速度係數	0.94996	0.94996
硬度比係數	1	1
尺寸係數	1	
齒向荷重分佈係數	2.1	
動荷重係數	1	1
過負荷係數	1.25	
信賴度係數	1.15	
容許齒面赫茲應力 $\sigma_{H\ lim}$ (kgf/mm ²)	160	160

彎曲強度比較

小齒輪	M8-16TRH	M7-15TRH	增加百分比 (%)
容許圓周力 F_{tlim}	1812.233	1536.30263	17.96
容許力矩 (kgf · m)	99.15675	68.99617	43.71
容許動力 (kW)	13.74692	9.56551	43.71
大齒輪	M8-40TRH	M7-45TRH	增加百分比 (%)
容許圓周力 F_{tlim}	1856.0752	1603.43646	15.75
容許力矩 (kgf · m)	253.88897	216.03356	17.52
容許動力 (kW)	14.07949	9.9835	41.02



面壓強度比較

小齒輪	M8-16TRH	M7-15TRH	增加百分比 (%)
容許圓周力 F_{tlim}	2157.1941	1707.72887	26.32
容許力矩 (kgf · m)	118.03138	76.69502	53.75
容許動力 (kW)	16.36366	10.63286	53.90
大齒輪	M8-40TRH	M7-45TRH	增加百分比 (%)
容許圓周力 F_{tlim}	2157.1941	1707.72887	26.32
容許力矩 (kgf · m)	295.07844	230.08505	28.24
容許動力 (kW)	16.36366	10.63286	53.90

Gleason 彎齒傘形齒輪的齒厚 :

Gleason 彎齒傘形齒輪的齒厚可分為：圓弧齒厚及弦齒厚。

1. Gleason 彎齒傘形齒輪之圓弧齒厚

序號	計算項目	記號	計算式	計算例
1	橫轉位係數	K	由圖 3.3 查出	$\Sigma = 90^\circ$ $m = 3$
2	圓弧齒厚	s_1 s_2	$\frac{P - s_2}{2} - (h_{a1} - h_{a2}) \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta_m} - Km$	$z_1 = 20$ $\alpha_n = 20^\circ$ $h_{a1} = 3.4275$ $z_2 = 40$ $K = 0.060$ $\beta_m = 35^\circ$ $P = 9.4248$ $h_{a2} = 1.6725$ $s_1 = 5.6722$ $s_2 = 3.7526$

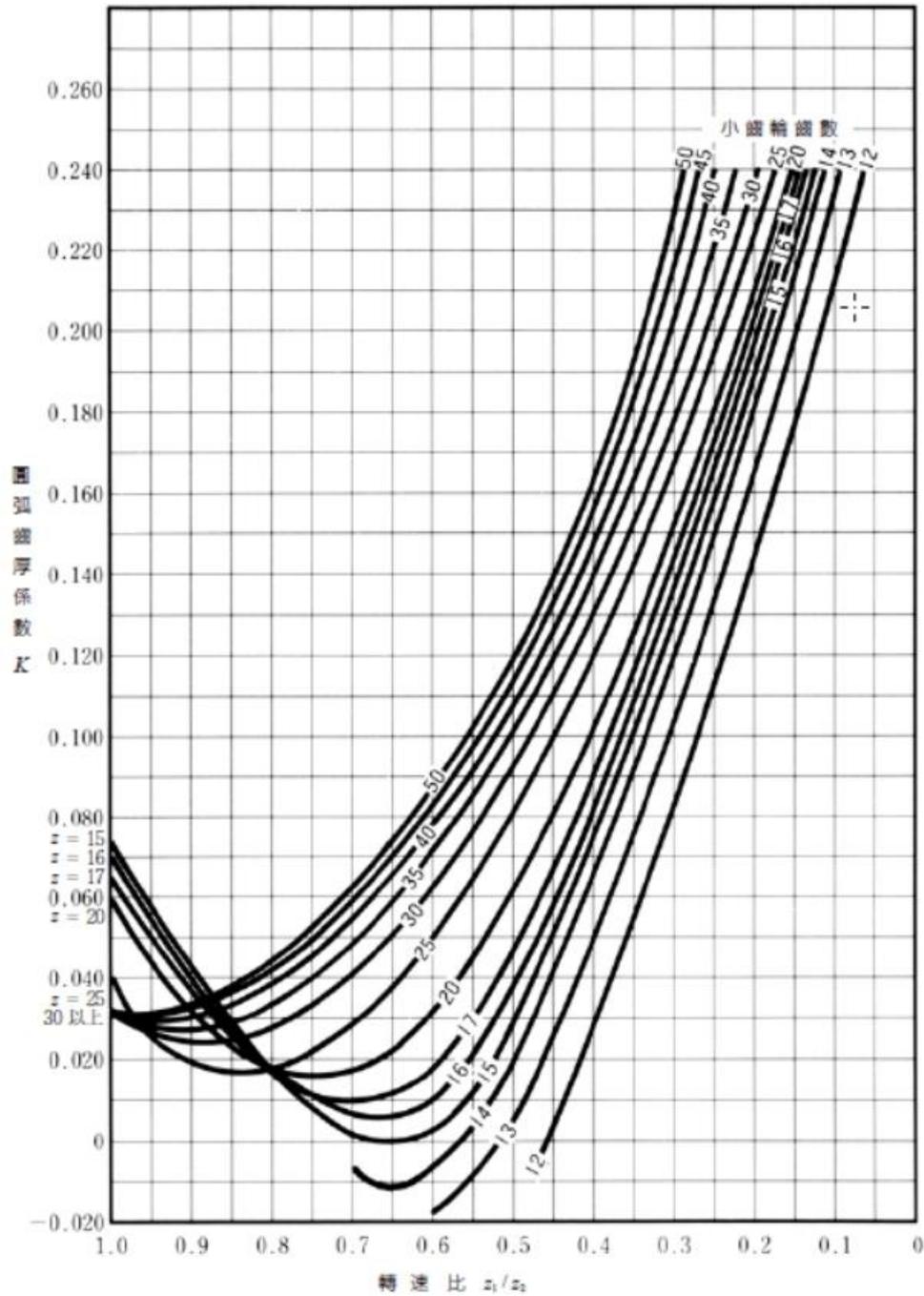


圖 Gleason 彎齒傘形齒輪圓弧齒厚係數(橫轉位係數)K 之線圖

2. 弦齒厚的計算，因切齒方式之不同而異，計算也非常複雜，在此省略。