

【54】名稱：具有環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法

A MANUFACTURE METHOD FOR A SPHERICAL GEAR WITH RING-INVOLUTE TEETH

【21】申請案號：094102624

【22】申請日：中華民國94(2005)年1月28日

【72】發明人：楊學成 YANG, SHYUE CHENG

【71】申請人：國立彰化師範大學 NATIONAL CHANGHUA UNIVERSITY OF EDUCATION  
彰化縣彰化市進德路1號

【74】代理人：鄭安全

1

2

[57]申請專利範圍：

1.一種環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，該環形漸開線輪齒之包括凸面輪齒之齒輪及凹面輪齒之齒輪；凸面齒輪由一連續的凸面環形漸開線輪齒組成，每一輪齒有相同的輪廓；同樣地，凹面齒輪由一連續的凹面環形漸開線輪齒組成，每一輪齒有相同的輪廓；要獲得一個凸面齒輪和一個凹面齒輪的製造方法，以刀具切割該材料之外層，其刀具

的形狀由兩直線組成，這些直線形成對軸的壓力角；另外，可變數代表切割刀具之設計參數；藉此，可產生凸面輪齒之齒輪底部、側邊、導圓面及頂面及凹面輪齒之齒輪底部、側邊及導圓面。

2.如申請專利範圍第1項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中凸面輪齒之齒輪底部以 $\overline{ab}$ 表示，可變數 $\lambda_0$ 是刀具曲線之參數； $\overline{ab}$ 區

域之方程式以座標系統  $S_c$  表示，可以下式表示：

$$\mathbf{R}_c^{ab} = \begin{bmatrix} x_c^{ab} \\ y_c^{ab} \\ z_c^{ab} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \pi m/2 - \lambda_b \\ -a_c + r \sin \phi_c - r \\ 1 \end{bmatrix}, \quad 0 < \lambda_b < w,$$

$w = \frac{\pi m}{2} - b_c - a_c \tan \phi_c - r \cos \phi_c$  是設計參數， $\phi_c$  是壓力角， $a_c$  和  $b_c$  是刀具設計參數；方程式中的  $\mathbf{R}_c^{ab}$  向量是位置向量；右上角的  $ab$  代表  $\overline{ab}$  區域；下標的  $c$  表示座標系統  $S_c$  的位置向量；參數  $m$  是模數；每一輪齒的齒根之導圓面半徑  $r=0.2m$ 。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，凸面輪齒之導圓面以  $\overline{bc}$  表示， $\lambda_c$  代表刀具之設計參數；為了產生刀具的完整輪廓， $\overline{bc}$  區域之方程式以座標系統  $S_c$  表示，可以下式表示：

$$\mathbf{R}_c^{bc} = \begin{bmatrix} x_c^{bc} \\ y_c^{bc} \\ z_c^{bc} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ b_c + a_c \tan \phi_c + r \cos \phi_c - r \sin \lambda_c \\ -a_c + r \sin \phi_c - r \cos \lambda_c \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$0 < \lambda_c < \pi/2 - \phi_c,$$

$\phi_c$  是刀具的壓力角， $a_c$  和  $b_c$  是刀具設計參數；齒根之導圓面半徑  $r=0.2m$ ；參數  $m$  是模數。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，凸面輪齒之側邊以  $\overline{cd}$  表示，為了產生齒輪之輪齒加工面之側邊，使用刀具之  $\overline{cd}$  平直邊； $\lambda_h$  代表刀具曲線之設計參數； $\overline{cd}$  區域之方程式以座標系統  $S_c$  表示，可以下式表示：

$$\mathbf{R}_c^{cd} = \begin{bmatrix} x_c^{cd} \\ y_c^{cd} \\ z_c^{cd} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ b_c - \lambda_h \sin \phi_c \\ \lambda_h \cos \phi_c \\ 1 \end{bmatrix}, \quad -\overline{m_1 m_2} < \lambda_h < \overline{m_2 m_3},$$

參數  $\overline{m_1 m_2}$  和  $\overline{m_2 m_3}$  表示刀具之平直邊；根據刀具之幾何，形成之參數可由  $\overline{m_1 m_2} = a_c / \cos \phi_c$  和  $\overline{m_2 m_3} = a_c / \cos \phi_c$  決定； $a_c$  和  $a_1$  是設計參數。

5. 5. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，凹面輪齒之齒底以  $\overline{de}$  表示； $\overline{de}$  區域是刀具曲線的齒頂，用以產生凹面輪齒之底部； $\overline{de}$  區域之方程式以座標系統  $S_c$  表示，可以下式表示：

$$\mathbf{R}_c^{de} = \begin{bmatrix} x_c^{de} \\ y_c^{de} \\ z_c^{de} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ b_c - a_c \tan \phi_c - r \cos \phi_c + r \sin \lambda_d \\ a_c - r \sin \phi_c + r \cos \lambda_d \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$0 < \lambda_d < \pi/2 - \phi_c.$$

6. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，該刀具之刀具座標系統及一固定座標系統緊緊連接於刀具之架構；刀具沿著軸線性位移進行轉移；兩個固定參考座標系統分別緊緊連接於凸面球面齒輪和凹面球面齒輪之架構；另兩座標系統分別緊緊附於凸面球面齒輪和凹面球面齒輪。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中該刀具，為了產生刀具曲線族之嚙合，也可以利用從座標系統  $S_c$  到座標系統  $S_1$  之等位矩陣轉換；應用同幕次矩陣轉換進行座標轉換，矩陣  $\mathbf{M}_{1c}$  可由下式獲得：

$$35. \quad \mathbf{M}_{1c}(\phi_1) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \cos \beta & \sin \alpha \sin \beta & -S \sin \alpha \cos \phi_1 + r_p \sin \alpha \sin \phi_1 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \cos \beta & \cos \alpha \sin \beta & -S \cos \alpha \cos \phi_1 + r_p \cos \alpha \sin \phi_1 \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta & S \sin \phi_1 + r_p \cos \phi_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$S$  和  $\phi_1$  之間的關係是  $S = r_{p1} \phi_1$ ， $r_{p1}$  代表凸面齒輪的標準節距半徑；矩陣  $\mathbf{M}_{2c}$  是從  $S_c$  到  $S_2$  之等位矩陣轉換；因此，矩陣  $\mathbf{M}_{2c}$  可以下式表示：

- 40.

5

$$M_{2,}(\phi_2) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \cos \phi_2 & -\sin \alpha \sin \phi_2 & -S \sin \alpha \cos \phi_2 + r_{p2} \sin \alpha \sin \phi_2 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \cos \phi_2 & \cos \alpha \sin \phi_2 & -S \cos \alpha \cos \phi_2 + r_{p2} \cos \alpha \sin \phi_2 \\ 0 & \sin \phi_2 & \cos \phi_2 & -S \sin \phi_2 - r_{p2} \cos \phi_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

S 和  $\phi_2$  之間的關係是  $S = r_{p2} \phi_2$ ， $r_{p2}$  代表凸面齒輪的標準節距半徑。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，該刀具曲線族群可由下式表示：

$$R_i^g(\lambda_j, \alpha, \phi_i) = M_{ic}(\phi_i) R_c^g(\lambda_j)$$

可變數  $\lambda_j$  是設計參數，向量  $R_i^g(\lambda_j, \alpha, \phi_i)$  是刀具曲線族群；上標文字 g 是  $\overline{ab}$ ， $\overline{bc}$ ， $\overline{cd}$ ，和  $\overline{de}$ 。 $R_c^g$  是刀具位置向量，下標符號 i 是 1 和 2。

9.如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，每一球面齒輪的數學模式之方

程式  $\frac{\partial R_i^g}{\partial \lambda_j} \times \frac{\partial R_i^g}{\partial \phi_i} = 0$  可由滿足方程式

$$R_i^g(\lambda_j, \alpha, \phi_i) = M_{ic}(\phi_i) R_c^g(\lambda_j)$$

所導出。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，將齒輪底部以  $\overline{ab}$  表示之方程式、導圓面以  $\overline{bc}$  表示之方程式、及側邊以  $\overline{cd}$  表示之方程式代入刀具曲線族群表示之方程式  $R_i^g(\lambda_j, \alpha, \phi_i) = M_{ic}(\phi_i) R_c^g(\lambda_j)$  和每一球面齒輪的方

程式  $\frac{\partial R_i^g}{\partial \lambda_j} \times \frac{\partial R_i^g}{\partial \phi_i} = 0$ ，可以從刀具曲

線族群獲得一外層  $\Sigma^1$ ；此外層  $\Sigma^1$  被稱為凸面球面齒輪之凸面輪齒。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，將側邊以  $\overline{cd}$  表示之方程式、齒底以  $\overline{de}$  表示之方程式，代入刀具曲線族群表示之方程式  $R_i^g(\lambda_j, \alpha, \phi_i) = M_{ic}(\phi_i) R_c^g(\lambda_j)$  和每一球面齒輪

6

的方程式  $\frac{\partial R_i^g}{\partial \lambda_j} \times \frac{\partial R_i^g}{\partial \phi_i} = 0$ ，可以從刀具

曲線族群獲得一外層  $\Sigma^2$ ；此外層  $\Sigma^2$  被稱為凹面球面齒輪之凹面輪齒。

5. 12.一種環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，該環形漸開線輪齒之包括凸面輪齒之齒輪及凹面輪齒之齒輪；凸面齒輪由一連續的凸面環形漸開線輪齒組成，每一輪齒有相同的輪廓；同樣地，凹面齒輪由一連續的凹面環形漸開線輪齒組成，每一輪齒有相同的輪廓；要獲得一個凸面齒輪和一個凹面齒輪的製造方法，以刀具切割該材料之外層，其

10. 15. 20. 25. 30. 35. 40. 的形狀由兩直線組成，這些直線形成對軸的壓力角；另外，可變數代表切割刀具之設計參數；藉此，可產生凸面輪齒之齒輪底部、側邊、導圓面及頂面及凹面輪齒之齒輪底部、側邊及導圓面，如此獲得中央輪齒；由獲得之中央輪齒，第一個環形複製六個輪齒；同樣地，第二個環形由中央輪齒複製十二個輪齒。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之環形漸開線輪齒之球面齒輪製造方法，其中，第一個環形複製六個輪齒，先設  $0^\circ - 180^\circ$ ， $60^\circ - 240^\circ$  和  $120^\circ - 300^\circ$  三條線有  $\pi m$  之節距；利用刀具曲線沿著  $30^\circ - 210^\circ$ ， $90^\circ - 270^\circ$  和  $150^\circ - 330^\circ$  三條線產生第二個環形輪齒六個輪齒之輪廓，十二個輪齒之輪廓將從所產生的齒輪之中央輪齒之輪廓複製產生。

圖式簡單說明：

第 1 圖為傳統機器人的腕部關節示意圖。

第 2 圖為習用之球面齒輪機構示意圖。

第 3 圖為球面齒輪主要設計參數

之示意圖。

第 4 圖為組合誤差的種類之示意圖。

第 5 圖為刀具曲線設計之示意圖。

第 6 圖為產生凹面球面齒輪方法之示意圖。

第 7 圖為產生凸面球面齒輪方法之示意圖。

第 8 圖為凸面輪齒和凹面輪齒在球面上分佈之示意圖。

第 9 圖為輪齒分佈之側視圖。

第 10 圖為一模擬組合誤差之座標系統示意圖。

第 11 圖為實施例 2 之運動誤差之示意圖。

第 12 圖為實施例 3 之運動誤差之示意圖。

第 13 圖為實施例 4 之運動誤差之示意圖。

第 14 圖為實施例 5 之運動誤差之示意圖。

第 15 圖為實施例 6 之運動誤差之示意圖。

第 16 圖為實施例 7 之運動誤差之示意圖。

5. 第 17 圖為實施例 8 之運動誤差之示意圖。

第 18 圖為實施例 9 之運動誤差之示意圖。

10. 第 19 圖為全部實施例之運動誤差之示意圖。

第 20 圖為兩嚙合齒輪之示意圖。

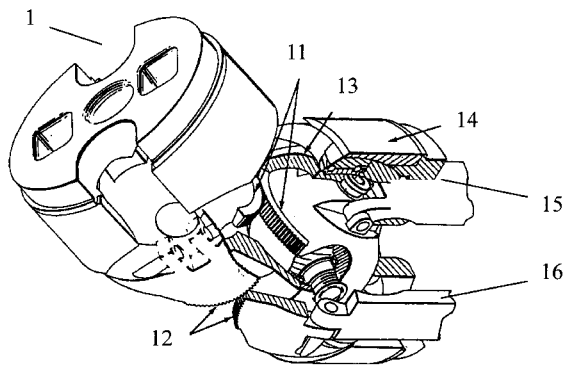
第 21 圖為凹面齒輪的 Von-Mises 之應力分佈之示意圖。

15. 第 22 圖為凸面齒輪的 Von-Mises 之應力分佈之示意圖。

第 23 圖為傳統正齒輪輪齒之 Von-Mises 應力分佈圖。

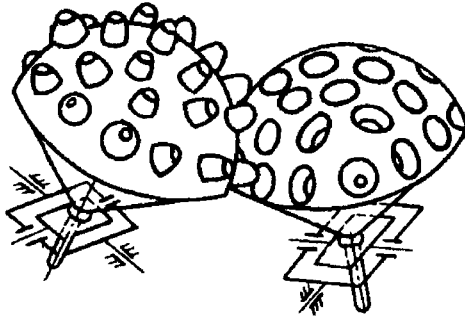
第 24 圖為本發明之齒輪輪齒之 Von-Mises 應力分佈圖。

20. 第 25 圖為本發明之使用軟體製作球面齒輪之模擬圖。



第 1 圖

(5)



第 2 圖

參數	凸面球面齒輪	凹面球面齒輪
輪齒數	$N_1 = 30$	$N_2 = 20$
法線模數 $m$	5 mm	5 mm
節距半徑	$r_{p1} = \frac{m N_1}{2}$	$r_{p2} = \frac{m N_2}{2}$
旋轉角 $\alpha$	$0 \sim 2\pi$	$0 \sim 2\pi$
壓力角 $\phi_c$	$20^\circ$	$20^\circ$
刀具之設計參數 $a_c$ 和 $a_i$	1m	1m
齒根之導圓面半徑 $r$	$r = 0.2m$	$r = 0.2m$
後間隙 $\Delta_p$	-0.05mm	0.05mm
刀具之設計參數 $b_c$	$\pi m / 4$	$\pi m / 4$

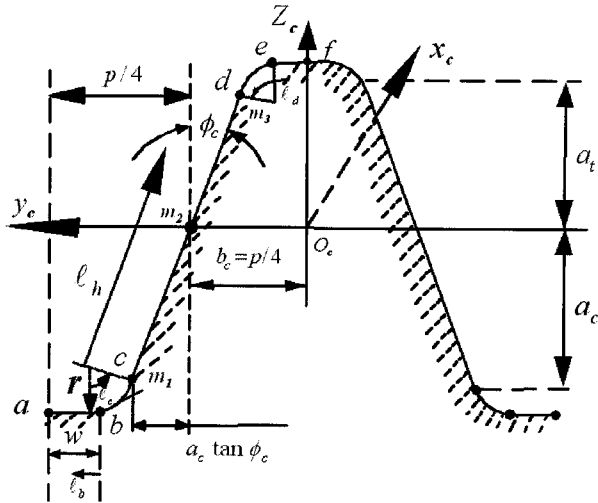
第 3 圖

(6)

實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4	實施例 5	實施例 6
$\Delta h = \Delta v = 0$	$\Delta h = 0$	$\Delta v = 3'$	$\Delta v = -3'$	$\Delta h = 3'$	$\Delta h = -3'$
$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0.01$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0$
$\Delta z_1 = 0$	$\Delta z_1 = 0.01$	$\Delta z_1 = 0$	$\Delta z_1 = 0$	$\Delta z_1 = 0$	$\Delta z_1 = 0$

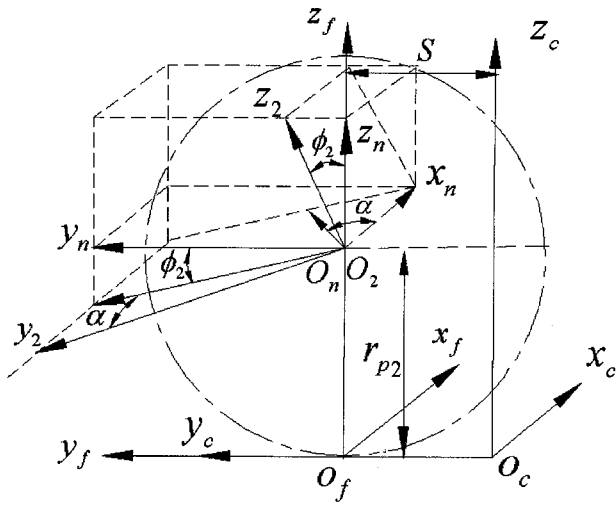
實施例 7	實施例 8	實施例 9
$\Delta h = -3', \Delta v = 3'$	$\Delta h = -3', \Delta v = 3'$	$\Delta h = \Delta v = -3'$
$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0.01$	$\Delta x_1 = \Delta y_1 = 0.01$
$\Delta z_1 = 0$	$\Delta z_1 = 0.01$	$\Delta z_1 = 0.01$

第 4 圖

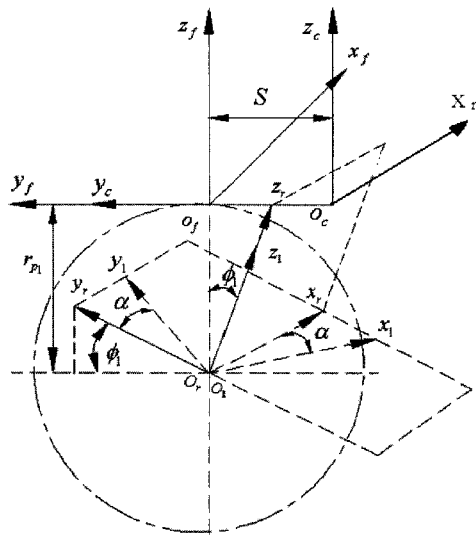


第 5 圖

(7)

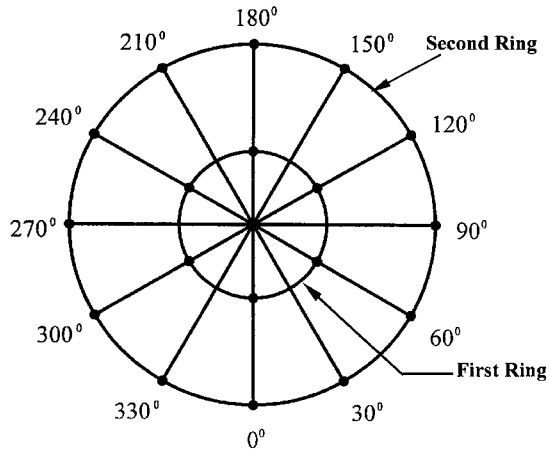


第 6 圖

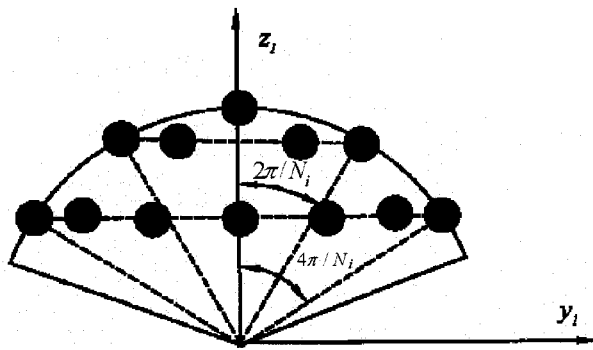


第 7 圖

(8)



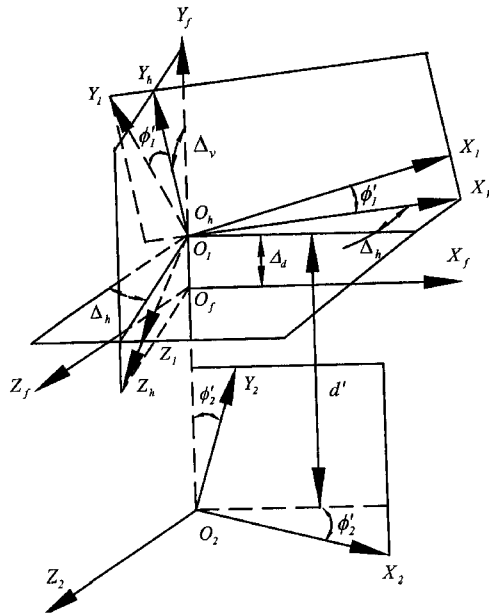
第 8 圖



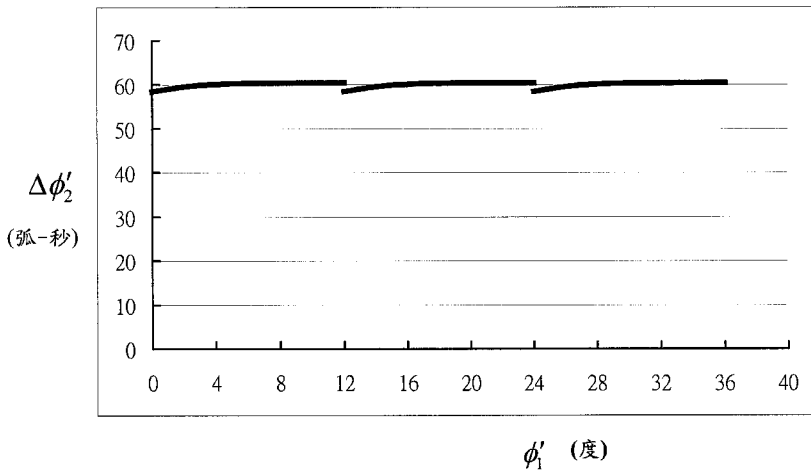
第 9 圖



(9)

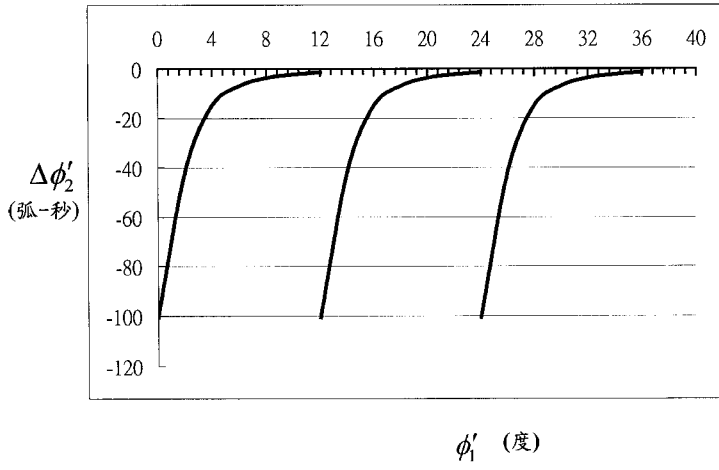


第 10 圖

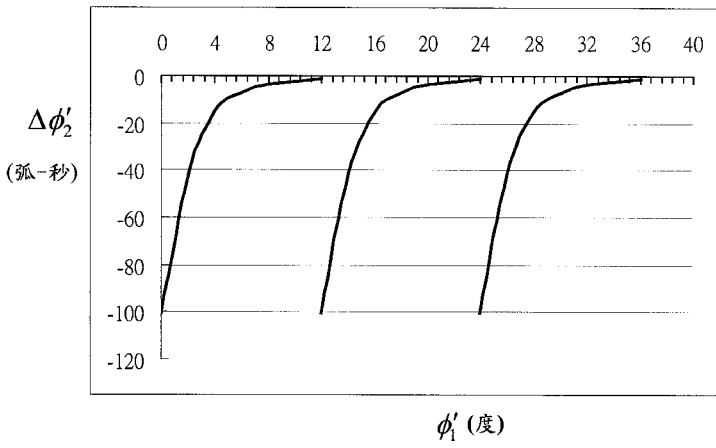


第 11 圖

(10)

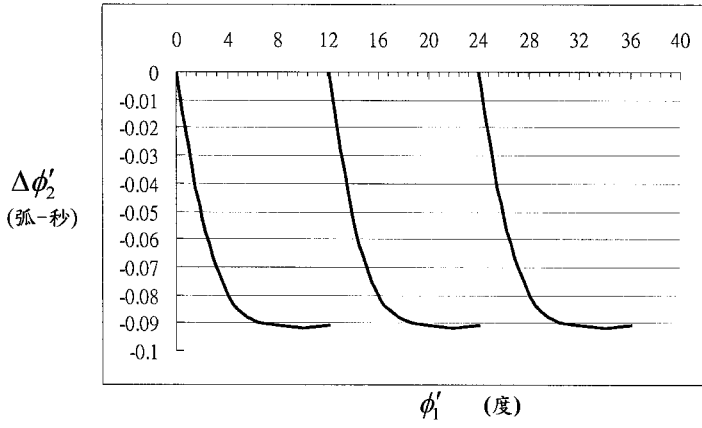


第 12 圖

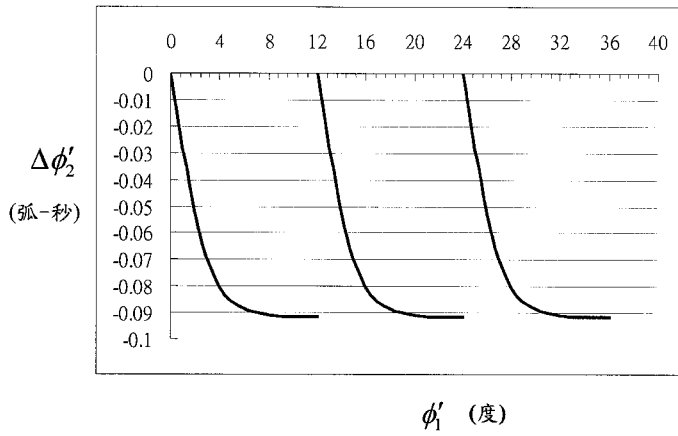


第 13 圖

(11)

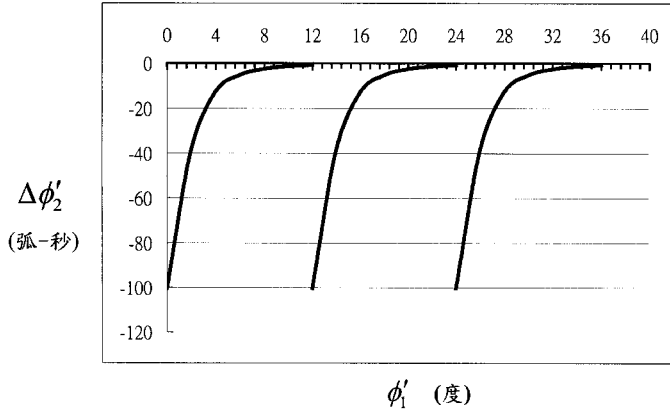


第 14 圖

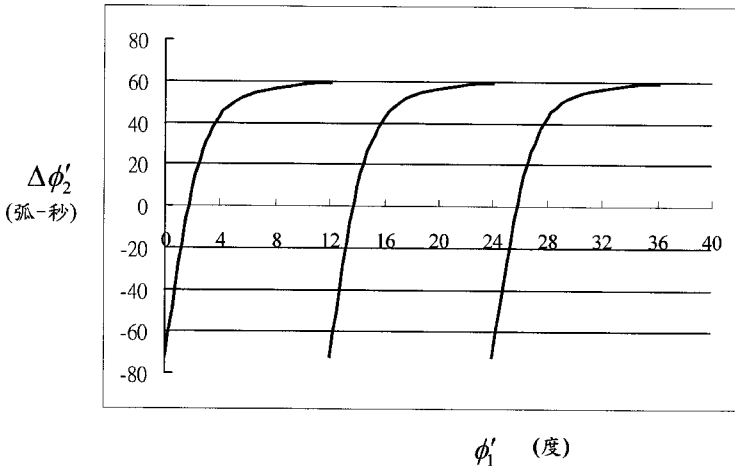


第 15 圖

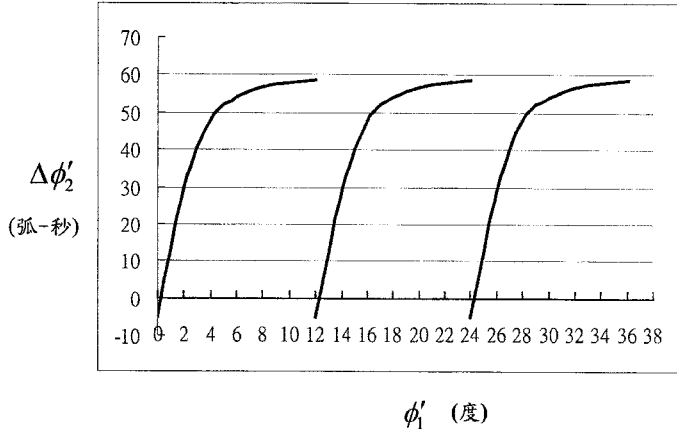
(12)



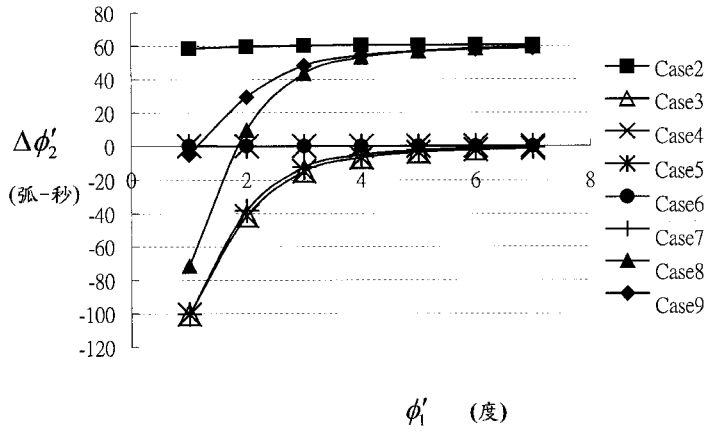
第 16 圖



第 17 圖

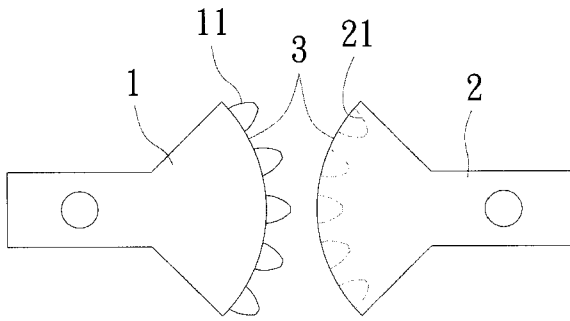


第 18 圖

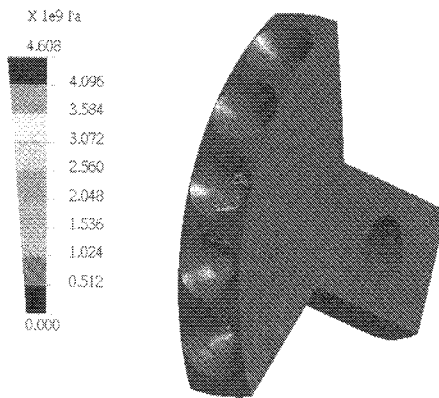


第 19 圖

(14)

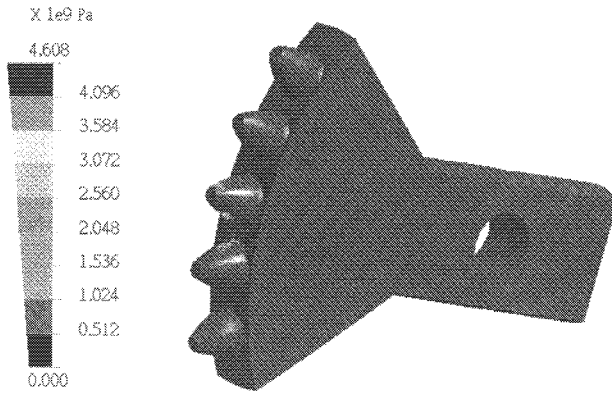


第 20 圖

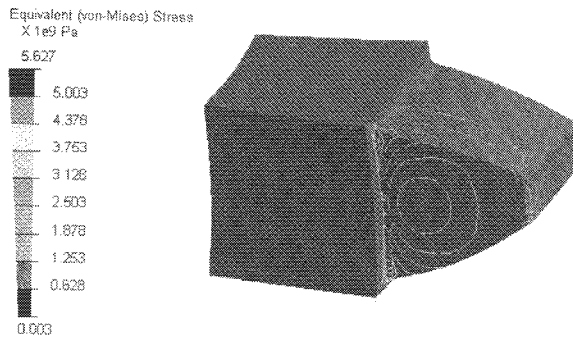


第 21 圖

(15)

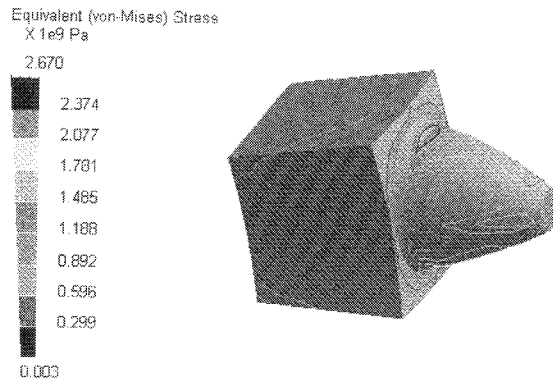


第 22 圖

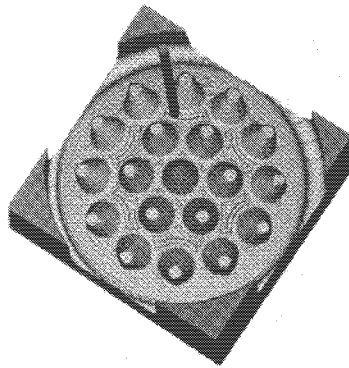


第 23 圖

(16)



第 24 圖



第 25 圖