

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國 US、2005/12/20、11/314,521

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本項發明屬於先進運動裝備設計領域，特別是針對設計用來透過彈性調適法線及切線撞擊順服度，來控制高爾夫球桿頭與高爾夫球之間的撞擊所產生的旋轉運動的高爾夫球桿頭系統（用於推桿、1 號木桿、或鐵桿）。

【先前技術】

本項發明為透過結構設計技術及球桿的彈性調適的應用來達到增進高爾夫球桿（例如，1 號木桿、推桿、或鐵桿）的擊球精確度及距離，尤其是增加或減少球的旋轉方面。近年來在這方面已經有許多改良，對於高爾夫球手所能達到的擊球精確度及距離帶來可觀的影響。典型的被動性能改良，如桿頭形狀和體積、重量分配和慣性張量合成分力、擊球面厚度和厚度分布、擊球面曲度和重心位置等，全都在為高爾夫球桿選擇一個固定的最佳物理及材料特性參數。

球與桿頭之間的撞擊力以兩個在空間中均擁有移動和旋轉自由度的彈性體/變形體（即：全 6 度自由體 (DOF)，彼此都可以在撞擊中變形、且都擁有完整常駐質量和慣性張量）之間的理想撞擊力來解釋。這個運動的典型初始條件是球靜止、而高速移動的桿頭大致是以高爾夫球桿頭擊球面上的一個偏心點撞擊這個

球。這個撞擊動作會產生與高爾夫球桿頭與球之間的接觸面相交和相切的力（極高的力）。這些力與時間結合可決定構成球離開擊球面之後速度向量和旋轉向量的速度和方向（以下稱撞擊合力）。這些介面力由許多種特性決定，包括兩個物體的彈性、材料特性和衰變、表面摩擦係數、物體的質量和慣性張量等。

本項發明為高爾夫球桿頭的彈性結構參數的設計（尤其是桿頭本體與擊球面或擊球面嵌件之間的固定件）使撞擊合力可以受益於球桿頭在撞擊力之下的彈性/動態反應。例如，結構設計可以讓擊球面撓曲並且可以選擇動態反應來增大或減小球因撞擊所產生的旋轉運動。目前在高爾夫球桿頭的彈性調適方面已經有許多設計可以影響桿頭與球的撞擊運動並影響球的飛行。

核發給 Bulla 的美國專利 No. 4,498,672（1985 年 2 月 12 日）即揭露了一種高爾夫球桿頭設計可調整球桿在法線方向的彈性反應，使它的屈曲頻率可以配合球的扭曲頻率。它的目標是透過增進恢復係數（COR）來增加球的飛行距離。

核發給 Hutin 的美國專利 No. 5,299,807（1994 年 4 月 5 日）則揭露了一種在擊球面與高爾夫球桿頭之間，有一層薄的黏彈性三明治夾層的球桿頭設計，用來改善撞擊性能與擊球感。雖

然它並沒有提及旋轉運動，但這項專利中說明了一個以彈性方式支撐的擊球面。

核發給 Hutin 的美國專利 No. 5,316,298 (1994 年 5 月 31 日) 揭露了一種有一層黏彈性制震處理層，安裝在擊球面及/或本體上的高爾夫球桿頭設計，用來進行噪震調適。雖然它並沒有提及旋轉控制或撞擊合力控制，但這項專利已經揭露了一種以彈性方式支撐的擊球面。

核發給 Mack 的美國專利 No. 5,505,453 (1996 年 4 月 9 日) 或許是與本項發明最接近的一項發明，它揭露了多種 (2 種) 以彈性方式支撐的撞擊板的設計，這個支撐方式可以針對特定的擊球者，來進行調整放大法線反應及離去球速。它基本上採用先進的分析模型 (1-d)，其中法線撞擊只用來決定法線方向的最佳力道以增進球在撞擊後的速度。這項專利顯示了兩種設計，每一種都適用於 1 號木桿、鐵桿、及推桿。此專利並沒有提及旋轉運動，但這項專利已經揭露了一種以彈性方式支撐的擊球面。

核發給 Fisher 的美國專利 No. 5,674,132 (1997 年 10 月 7 日) 揭露了一種有彈性調適擊球面嵌件的高爾夫球桿頭設計，具有所需要的反彈因數及/或擊球感受/硬度。它雖沒有提及旋轉

運動，但這項專利已經揭露了一種彈性調適擊球面。

核發給 Aizawar 的美國專利 No. 5,697,855 (1997 年 12 月 16 日) 則揭露了一種以彈性方式支撐的擊球面嵌件的球桿頭 (鐵桿及 1 號木桿) 設計，具有所需的減震因數。此專利同樣沒有提及旋轉運動，但這項專利已經揭露了一種以彈性方式支撐的擊球面嵌件。

核發給 Krumme 等人的美國專利 No. 5,807,190 (1998 年 9 月 15 日) 及核發給 Krumme 等人的美國專利 No. 6,277,033 (2001 年 8 月 21 日) 揭露了一種有一個彈性調適擊球面的球桿頭 (鐵桿及 1 號木桿 - 190、以及推桿 -033) 設計，擊球面包括許多小單元，每一個小單元的彈性特性都可選擇，並且以選擇性排列賦予所需的擊球面效果(甜蜜點等)。也沒有提及旋轉運動，但這項專利已經揭露了一種彈性調適擊球面設計。

核發給 Delaney 等人的美國專利 No. 6,001,030 (1999 年 12 月 14 日) 揭露了一種 “可控制壓縮量” 的擊球面嵌件結構的高爾夫球桿頭 (僅限於推桿) 設計，它有一個以彈性方式支撐的剛硬擊球面撞擊板，而它的支撐方式則設計成，可根據撞擊強度及/或撞擊位置來提供一個特定的法線運動行為。此專利也沒

有提及旋轉運動，但這項專利也揭露了一種彈性調適擊球面設計。

核發給 Rohrer 的美國專利 No. 6,302,807 (2001 年 10 月 16 日) 揭露了一種具有可改變能量吸收特性的高爾夫球桿頭 (主要是推桿) 設計。它揭露了以黏彈性支撐的擊球面結構設計，可放大理想擊球時的能量消散及減小偏心誤擊時的能量消散。此專利也沒有提及旋轉運動，但這項專利已經揭露了一種彈性調適擊球面設計。

核發給 Helmstetter 等人的美國專利 No. 6,328,661 (2001 年 12 月 11 日) 及核發給 Helmstetter 等人的美國專利 No. 6,478,690 (2002 年 11 月 12 日) “聚合物鑲嵌底座複合材質高爾夫球桿頭” 揭露了一種具有精心設計內嵌硬度及反彈特性的聚合物之擊球面的高爾夫球桿頭 (主要是推桿)，它的彈性調適嵌件影響撞擊 COR 及擊球感。

核發給 Beasley 等人的美國專利 No. 6,332,849 (2001 年 12 月 25 日) “具有膠體支撐擊球面的高爾夫球 1 號木桿” 則揭露了一種以黏彈性構件的支撐擊球面，並設計連結在擊球面中心與球桿頭中空本體背板之間的高爾夫球桿頭 (主要是 1 號木桿)。

核發給 Allen 的美國專利 No. 6,354,961 (2002 年 3 月 12 日) “高爾夫球桿擊球面屈曲控制系統” 揭露了一種以一個氣動活塞/氣壓筒支撐擊球面，並設計連結在擊球面中心與球桿頭中空本體背板之間的高爾夫球桿頭（主要是 1 號木桿）。這個活塞設計成可以在一個預設的撞擊速度範圍內，產生接觸並改變有效剛性。

核發給 Kosmatka 的美國專利 No. 6,364,789 (2002 年 4 月 2 日) “高爾夫球桿頭” 揭露了一種在高爾夫球桿頭本體與一個剛硬擊球面之間，有一個環狀撓曲加強構件的高爾夫球桿頭設計。環狀構件的剛性通常低於擊球面，以增進擊球面在撞擊時的撓曲並提高 COR。

核發給 Matsunaga 等人的美國專利 No. 6,478,693 (2002 年 11 月 12 日) “高爾夫球桿頭” 揭露了一種設計成可變厚度擊球面的高爾夫球桿頭（主要是 1 號木桿或鐵桿），它透過多層級的厚度區域來進行多段改變。這些區域的圖形中心點設計和位置，可以擴大打擊反應均質性的區域 - 也就是說，可在法線撞擊時擴大甜蜜點。

核發給 Card 等人的美國專利 No. 6,488,594 (2002 年 12 月 3 日) “具有堅實推桿面的推桿” 揭露了一種擊球面嵌件的推桿設計，這個擊球面嵌件可放大理想擊球時及減小誤擊時的能量消散。此專利也沒有提及旋轉運動，但這項專利已經揭露了一種彈性調適擊球面設計。

核發給 Vincent 等人的美國專利 No. 6,592,468 (2003 年 7 月 15 日) “高爾夫球桿頭” 揭露了一種以黏彈性方式支撐的嵌件，是用來增進球桿在撞擊時震動減衰的高爾夫球桿頭設計。

核發給 Bissonnette 等人的美國專利 No. 6,595,057 及 6,605,007 (2003 年 7 月 22 日及 2003 年 8 月 12 日) “高恢復係數高爾夫球桿頭” 揭露了擊球面厚度調適以增大 COR 的高爾夫球桿設計。它的擊球面的中心區域有較高的剛性而在周圍區域則有較低的剛性。

核發給 Kosmatka 的美國專利 No. 6,602,150 (2003 年 8 月 5 日) “震動減衰高爾夫球桿擊球板” 揭露了可變厚度擊球面 (中央部位較厚) 的高爾夫球桿設計，它採用黏彈性材料來進行擊球面的震動減衰。

上述的所有專利都著重在球桿頭的設計，使桿頭和擊球面在撞擊中的彈性反應，可以有利於擊球感及/或球桿頭 COR。上述的專利沒有一項是針對球桿頭的彈性/動態反應以有利影響球的旋轉的設計。核發給 Burkly 的美國專利 No. 5,193,806 (1993 年 3 月 16 日) 揭露了圓形接觸面來進行旋轉控制的球桿頭設計，不過它並沒有說明如何使用球桿頭彈性反應來達到這樣的效果。擊球面一般都假定是剛硬的構造。有許多專利都嘗試透過接觸物體的表面處理來進行旋轉控制，但沒有一項是直接以球桿頭的彈性/結構設計來進行旋轉控制。

【發明內容】

本項發明屬於一種利用擊球面、本體、及擊球面的中間支撐的彈性調適，來影響球與擊球面之間的撞擊運動的進行，以控制球與球桿擊球面之間的撞擊運動的系統。特別是，它屬於分布在球桿頭本體與擊球面之間、並經過特殊設計可透過擊球面運動及因撞擊所產生的變形，以有利影響球旋轉的擊球面安裝系統的設計。球的旋轉控制可透過，針對系統在撞擊負荷條件下的彈性及動態反應的特殊設計來達成。擊球面在撞擊負荷下的彈性及動態反應顯示出可影響球的撞擊合力 (旋轉、速度、及方向)。這樣的影響可以用來對球的旋轉進行有利的控制。

我們都知道擊球面法線剛性的彈性調適，可以影響球桿頭與球之間撞擊的 COR。本項發明針對系統在橫向方向（而不是法線方向）的反應進行控制。及對系統的橫向變形所進行的控制，可用來影響球與擊球面撞擊所產生的速度、方向、及（特別是）球的旋轉。

球的旋轉是由出現在球與擊球面之間的切線力（沿著擊球面而不是與擊球面正交）所決定的。這些力則由物體（球與擊球面/桿頭）之間的摩擦係數、物體之間的法線力、以及球的表面與擊球面之間在接觸部位的相對運動所決定。最後這一項因素（球與擊球面之間的相對運動）可以透過對擊球面在撞擊負荷（包括法線與切線）下的彈性及動態反應進行適當的設計來加以影響。本項發明即在於對球桿頭進行適當的設計、透過調適擊球面在撞擊負荷下的彈性及動態運動反應，使它可在撞擊時在球與擊球面之間產生有利的切線運動。

為說明切線方向的擊球面運動如何對球的旋轉產生影響，我們假設一個球桿擊球面與一個球之間有理想的法線撞擊（即撞擊速度向量與擊球面正交）。這種撞擊通常並不會讓球產生旋轉。不過，如果擊球面在撞擊時因撞擊力而朝切線方向移動，則會引發球的旋轉。根據擊球面在承受負荷時的切線運動方向，這個旋轉可能是正向旋轉或負向旋轉。同樣的，擊球面的切線運動也可以顯著

影響球向上或向下旋轉，這會發生在使用堅硬的傾斜擊球面（有斜面的擊球面）時，在這種情況下撞擊速度向量一開始就同時具有法線及切線分力。

本發明與擊球面的彈性支撐設計成（或擊球面/桿頭系統本身的彈性反應）使高爾夫球桿頭與擊球面之間會因球的撞擊力而誘發相對切線運動有關。根據系統中的彈性連結，可以朝向上、向下、向後、或向前的方向誘發擊球面的切線運動，而產生各式各樣的可能反應並且增進（或減低）球的旋轉。這些情況可以運用在長距離發球時減少旋轉或者在使用鐵桿擊球時增加旋轉。

在另外一個具體事例中，可以選擇彈性支撐、擊球面、及本體的設計來減少或增加球在撞擊後的側向旋轉。在這些情況下，擊球面的運動可以調適為順著擊球面主速度合力垂直，但仍與擊球面的法線方向相切。擊球面在撞擊時會從一側移到另一側（向後或向前）而不是上下移動。這種擊球面運動可以影響球因撞擊所產生的側向旋轉。側向旋轉可以戲劇性的影響球後續飛行的左曲或右曲拋射軌跡。我們可以透過擊球面的法線力與擊球面切線運動之間的彈性連結，來達成從一側到另一側的運動。所有這些事例都同樣適用於推桿、1 號木桿、及鐵桿，而我們將使用“球桿頭”這個名稱來作中性的說明。

【實施方式】

本項發明的一個目標是提供一個方法及裝置，利用球桿頭在撞擊負荷下的彈性及動態變形反應，來控制高爾夫球桿頭與球的撞擊所產生的球旋轉。撞擊負荷所引發的桿頭變形及球接觸面（以下稱擊球面）相對於它與球之間接觸點的後續運動，對於球的多軸向旋轉及速度（以下稱撞擊合力）有極為奧妙的影響。本項發明包括一個方法及裝置，利用擊球面的彈性及動態反應來控制（增加或減少）球的旋轉。這個方法可以用來控制旋轉推力及側旋。

在球與桿頭之間的撞擊（可能是偏斜撞擊）中，在球與擊球面之間的接觸點（或面）會有極高的力。這些力可以分解為對正擊球面法線的分力（以下稱法線力）以及打擊表面或擊球面相切的分力（以下稱切線力）。法線方向可以是空間中的任意方向，而切線方向可以是平面中垂直於法線方向的任何方向。根據擊球面的方向和球與擊球面的運動，這些力可能朝上、朝下、朝前、或朝後。請注意這些方向的定義，是相對於一個曲面形打擊表面的局部法平面及切平面而言，在將它應用於一個曲面形打擊表面上來說並不會減損它的一般適用性。

力的法線分力會透過球的重心作用並在撞擊過程中對球進行

加速。力的切線分力則作用在球與擊球面之間垂直於法線方向的接觸點上，並且因此可分解為作用在球大約重心位置的等效扭力矩（影響球的旋轉）以及直接對球的重心進行加速的力。由撞擊所引發的切線力因此對球的旋轉合力具有完整的控制能力，因為扭力矩隨著時間的積分會產生球的旋轉速度。扭力會克服球的轉動慣性，就像 Euler 方程式（即一個自由轉動及變形的剛體在外部扭力與力作用下動態運動的全 6 度自由體 (DOF) 方程式）所呈現的一樣。本項發明的一個目標就是透過適當的設計，在撞擊過程中來調適這些力，並在撞擊過程中調適高爾夫球桿頭擊球面的橫向彈性及動態反應。

撞擊的力，包括法線力和切線力，都由一些因素所決定，包括進行撞擊物體的初速、物體的質量、以及物體的彈性及動力。我們已經知道高爾夫球桿頭與球撞擊的法線反應 (COR)，可以透過調整這個系統的法線動態來改善。本項發明即在於對高爾夫球桿頭的橫向彈性及動態反應作最佳的選擇。

要瞭解一個物體的彈性如何可以決定力與時間在撞擊過程中的推移關係，我們可以假設一個剛硬擊球面在法線方向上具有非常柔軟但不損耗的支撐。在法線撞擊（無偏斜）中，越軟的支撐可以在擊球面與撞擊的球之間產生產生越多的撓曲（擊球面變形而

遠離撞擊的球)，而導致越長的停駐時間和越低的介面力。因此，擊球面的彈性反應對於力與時間的推移關係具有主要的影響力。

假設是在一個具有切線力以及法線力的偏斜撞擊的情況下，切線力會發生在，產生偏斜撞擊的速度向量的切線分力。在以擊球面的座標系統來解說時，球與擊球面之間的接觸點會同時朝法線與切線方向移動。擊球面與球之間在它們的接觸點上，切線相對速度會因為擊球面與球之間的摩擦力而產生切線力。如果物體與物體之間沒有摩擦力，則不會有切線力產生，也不會對球的旋轉的初始狀態造成改變。

兩個物體之間的摩擦力取決於許多因素，包括物體與物體之間的法線力、物體與物體之間的摩擦係數、以及物體與物體之間的相對運動/速度。例如，兩個物體之間的傳統庫倫摩擦即由摩擦係數與法線力的乘積取得它的振幅，並由兩個物體之間的相對橫向速度向量取得它的方向。

庫倫摩擦方程式及其他

其他的模型則由一個振幅，取決於兩個物體之間的相對切線速度振幅以及方向的分力。在任何一個模型中，兩個物體之間的相

對切線速度在決定切線力的振幅及方向上，都扮演著一個極為重要的角色。

這個切線力會反過來影響球與擊球面之間的相對切線速度。作用在球上的切線力會同時扮演，一個以切線方向作用在重心上的力（加速及朝切線方向改變球的重心速度）以及一個大致作用在球重心上的扭力矩（大致作用在垂直於法線與切線速度向量的軸線上）。這個等效扭力矩即可用來改變球的旋轉。

在大部分情況下，球在撞擊時一開始並不會旋轉；而是由於偏斜撞擊所產生的切線速度以及法線力的作用下，產生一個切線摩擦力才會造成球的旋轉。它會使球產生旋轉是因為它並不是作用在重心上，而是作用在球與擊球面之間的接觸點上。所以在開始撞擊球的時候最重要的是斜面的擊球面必須向上滑移，而這個滑移的力量才會讓球開始旋轉。由於切線力會增進球的旋轉，在許多情況下，球的旋轉可以一直增進到球與擊球面之間的接觸點不再有任何相對運動的一點為止。此時球會滾上擊球面而不再滑動（即擊球面與球之間沒有摩擦力）。這就是所謂的滾動狀態，通常會決定球在它離開擊球面時的最終旋轉狀態。

在本項發明中，高爾夫球桿頭的彈性設計可以讓擊球面對切線

力充分反應。在一個擊球面可以作出切線方向反應（以及球可以改變旋轉狀態）的系統中，擊球面與球表面之間的相對速度會有一個新的影響因素。由於擊球面現在會影響球的表面與擊球面之間的相對速度，因此它的運動可以戲劇化影響物體與物體之間的摩擦，以及合成切線力和球的旋轉。這也正是本項發明的核心概念。

為了要產生這個切線方向的擊球面運動，我們將高爾夫球桿頭設計成打擊表面（擊球面），可以有相對於高爾夫球桿頭本體的切線運動形式。在這樣的一個系統中，擊球面與高爾夫球桿頭本體之間的彈性連接（高爾夫球桿頭本體與擊球面本身的彈性），可以進行調適以便在撞擊負荷下可以作出正確的回應。這個回應可能會因應用途而有所不同。例如，如果想要增加旋轉，可以將彈性調適成，會使擊球面朝球的切線速度向量相反方向移動的模式。這可增加球與擊球面之間的相對切線速度，而球在它達到滾動狀態且不再有轉動加速之前，必須更快速旋轉來配合這個更高的相對切線速度。

在本項發明的另一個具體事例中，擊球面可採用彈性方式安裝，使它可以在撞擊負荷下朝球的切線速度向量方向移動。這可降低球的表面與擊球面之間的相對切線速度，而使它只需要更慢的旋轉即可達到滾動狀態。

最重要的是必須考慮擊球面運動的時間推移關係，因此也必須考慮在決定球的表面與擊球面之間摩擦力的時間推移關係時，相對切線速度向量的時間推移關係，並且因此必須考慮球的最終速度向量（旋轉速度）。在某些情況下，擊球面相對於本體的速度可能會在撞擊運動發生過程中有相當程度的倒退或改變，而戲劇性影響最終球的旋轉。因此，最重要的是必須考慮在針對一個特定應用的設計上，彈性高爾夫球桿頭的時間推移關係與動態。

本項發明的一個關鍵元素是球桿頭的接觸面（擊球面）以彈性/有彈力的方式支撐在本體上，其中，球表面與打擊表面之間的接觸力會誘發擊球面相對於高爾夫球桿頭本體的運動。擊球面的彈性支撐基本上有兩種形式，其中的差別主要是法線與切線方向上的力和運動是否有彈性連結或者沒有連結。這兩種形式將在以下各段中詳述。

無連結

在這種形式的系統中，作用在擊球面上的法線力只會產生法線方向上的擊球面變形，而不會產生切線方向的變形。同樣地，作用在擊球面上的切線力也只會產生擊球面的切線運動。這些運動

是擊球面的彈性變形，而球桿頭在撞擊負荷下的球形剛體運動無關。因此在法線變形與負荷以及切線變形與負荷之間並沒有連結。這樣的系統稱為 "無連結"。

圖.1 為可彈性調適的鐵桿擊球面設計，新式鐵桿擊球面支撐結構原理如下：

- 在撞擊球時，擊球面會被強制向下移動而使球加速向後旋轉；
- 傾斜的屈曲件可以讓這個向下的撓曲不會損耗太多的 COR；

其中，包含球的旋轉及速度合力 16、可撓擊球面支撐 14、背襯結構 13、球 11、擊球面 12、因撞擊所產生的擊球面運動 15。

在這種系統的設計中，如圖.1 所示的概念，高爾夫球桿頭的設計者只需要考慮高爾夫球桿頭系統在橫向負荷下的橫向剛性及橫向反應，因此設計可以大幅的簡化。不過，橫向負荷通常比法線負荷更低，因此可用力和系統的合成變形也可能更低，所有的剛性都相等。

有連結

圖.2 為彈性嵌件模組 (EMM),結構原理如下：

- 彈性嵌件模組

- 摺曲樑
- 線切割 EDM 加工 - 鈦合金模組
- 軸向剛硬、側向柔軟
- ~12 mm 深、6 mm 長、7 mm 寬
- 機械方式或焊接方式固定
- 固定在擊球面及背襯支撐結構上
- 實際構件，有稜條（未顯示）
- - ~1 mm 厚屈曲件
- 2 mm 移動間距

其中，包含擊球面 21、移動範圍 22、背襯結構 23。

圖.3 為配置 — 側視圖：

其中，包含背襯結構 31、上排 FFMs32、擊球面 33、下排 FFMs34。

在這種系統中，擊球面支撐的有效剛性矩陣，以可使法線力產生系統的法線和橫向變形以及打擊表面的法線和橫向運動的方式進行連結。透過彈性支撐的適當設計（例如，採用圖.2 及 3 中所示的傾斜支撐），這個連結可以設計成可根據支撐中的傾斜，在撞擊負荷下產生相對於高爾夫球桿頭的不同擊球面橫向運動（向上、向下、向後、向前）。這個彈性調適橫向運動可以用來主導擊球面與球之間的相對滑移運動，並增進及減少這些方向上的旋轉。

這樣的連結因此可以讓設計者大幅應用來創造因撞擊所產生的廣泛地球的旋轉結果，因為擊球面運動（例如朝球桿上下方向）可以輕易的控制，讓擊球面與球之間產生廣泛的相對運動，並因此讓球產生廣泛的旋轉。擊球面的連結可以用來讓球產生旋轉推力、抑制球的旋轉、或增進球的旋轉，如以下各節所述。

偏好的具體事例

一個用來達成上述效果的指定方法及裝置，包括一個由擊球面與本體構成的球桿頭，其中擊球面以採用各種可能配置方式的彈性嵌件支撐。在撞擊負荷下，由於支撐件的彈性，打擊表面（擊球面）與本體之間會產生相對運動。在一個事例中，支撐件在一個背板（銜接在球桿頭本體與支撐件背面之間）與擊球面的背面之間構成一個彈性連結，如圖.2 及 3 所示。支撐件可以採用螺絲安裝、熔接、壓入配合、或其他方式固定在本體結構與擊球面上，讓這些部份產生緊密的機械連結。在偏好的具體事例中，支撐件是一個彈性體且有極低的阻尼係數，但可以在擊球面與本體之間的互連中產生減震效果來使高爾夫球桿頭產生想要的擊球感。

一個如以上所述的可能支撐形式是採用一系列的樑、凸稜、或立柱來將擊球面支撐在球桿的本體上。支撐件可以分布遍及整

個擊球表面來調適撞擊過程中的擊球面運動，如圖.2 及 3 所示。例如，可以將它們分布成可讓整個擊球面呈現相同的法線剛性而不論撞擊位置，或者可以根據球桿的撞擊位置來調適有效法線剛性，例如讓擊球面在法線方向上沿著它的周緣變得更柔軟。另外，也可以將支撐件排列成只允許擊球面朝切線方向的（幾乎）純粹平移，如圖.2 中所示。

● 可以將樑、凸稜、或立柱定位成使它們的主軸線與法線撞擊力平行的方式，如圖.2。在這種情況下，這些法線力會由支撐件的軸向吸收，而橫向撞擊力則會用來彎曲支撐件（圖.2）。在這樣的配置中，彈性支撐屬於無連結方式而法線力並不會產生後續的橫向撓曲。在這種支撐方式可以對支撐件的彎曲剛性進行調適，使擊球面的切線運動可以用來增進或抑制球的旋轉，如以下所述。

● 另外，主軸線可以稍微傾斜偏離法線方向，將法線與切線力同時視為支撐件上的軸向負荷以及彎曲負荷。如圖.2 及 3 中所示，這個傾斜的方向會導致擊球面的法線負荷與擊球面的切線運動之間產生連結。支撐件傾斜的程度以及支撐件傾斜的方向可以用來調適擊球面與本體之間的彈性連結，並在撞擊負荷下產生各種想要的擊球面運動。尤其是，傾斜的支撐件可以讓法線力在支撐件的傾斜方向上產生極大地切線運動。這可以用來將擊球面朝

特定切線方向移動，讓它在撞擊運動結束時回復到它原來的狀態/位置。這對於當法線力較低的情況下，在撞擊運動結束時用來調適球旋轉的可能非常重要。

在一個支撐事例中，個別的支撐件包括有固定在擊球面背面，以及球桿本體上的樑，如圖.2 所示。

● 圖.4 為正視圖之配置：其中包含距離 d_{41} 為 6mm、距離 d_{42} 為 7mm。

在偏好的具體事例中，如圖.3 及 4 所示，擊球面與背襯結構之間有一個設計為 2.0mm 的基準隔離（範圍從 0.25 到 4 mm），可以允許較大的偏心打擊而不會發生任何擊球面傾斜及接觸或干涉的問題。同時也可以針對任何切線方向或法線方向的擊球面運動（或兩者同時），導入機械底板以便限制彈性嵌件在撞擊過程中會遭遇到的撓曲及應力，也就是用來保護彈性嵌件。例如，在猛力揮擊時，負荷可能不是 9000/2000 (N 法線/N 切線) 而可能是 (4000 N/ 4000 N)，如果這樣的運動不加以限制的話，可能會損壞這些彈性嵌件。

在偏好的具體事例中，彈性嵌件可以排列成兩排總長度介於

96 mm 與 80 mm 之間的擠型嵌件。在採用兩排的排列方式中，典型的 5 號鐵桿可以將總長度 90 mm 的支撐件分為 40/50 的兩排 (上排/下排)，如圖.5-11 所示。這可以將彈性嵌件製造成各種 20 mm 及 10mm 的鑲嵌模組，上排 2 個 20 mm 單元、下排 2 個 20 mm 單元及 1 個 10 mm 單元的方式排列來支撐擊球面。這些彈性支撐模組可以彼此鄰接。可以將 '活動' 部份縮窄千分之幾英吋來減少磨擦。

彈性嵌件模組設計細節

圖.5 為嵌件細節，其中包含：

- 摺曲樑細部
- 所有摺曲深度均為 12 mm
- 主屈曲樑
 - 厚度為 1 mm，長度為 10 mm
- 第二屈曲樑
 - 厚度為 0.5 mm，長度為 7 mm
- 有 2 mm 活動空隙
- 有 1 mm 內圓角半徑用來釋放應力

其中，包含 0.55mm(d51)、1mm(d52)、7mm(d53)、10mm(d54)、15mm(d55)、2mm(d56)。

圖.6(a)(b)為嵌件模組細節。

在偏好的具體事例中，彈性嵌件模組(EMM)包括三條彎曲樑構成一個摺曲樑結構，如圖.5 及 6 所示。在這樣的構造中，兩條外側樑的每一條的一端連結到本體的背襯結構上。它們在背襯結構下方凸出到一個連結台上。連結台則作為一個活動平台，中央樑的一側即固定在其上。由於連結台由兩條樑對稱支撐，它主要會進行與擊球面平行的平移。法線方向的負荷及撓曲會由這些樑軸向承載。內側中央樑會以壓縮方式承受撞擊負荷，而外側樑則以伸張方式承受撞擊的法線負荷。這兩組樑（內側及外側）都以彎曲方式承受橫向負荷（只要整個模組對齊撞擊負荷的法線方向）。它可以如前面所述般傾斜來構成一個彈性連結的支撐模組。中央樑從連結台連接到外殼的背面構成一個單一彈性嵌件模組，它會朝一個垂直於樑彎曲方向的方向伸出成為一個角柱擠型，如圖.5 中所示。這些模組可根據所需模組化需求及設計剛性，以各種擠製長度製造。

彈性支撐模組的設計主要是為了提供一個設計法線及切線剛性（就是我們的連結剛性），以便在撞擊負荷情況下達到想要的運動。所需的彈性（將在後面說明）必須與一個，在該負荷下符合結構完整性標準的系統配合。也就是說，這個系統必須能承受負荷而不會有永久變形或屈曲。圖.5 及 6 中所呈現的設計即符合這

些標準。

圖. 5 中所顯示的設計是無連結型。它的目標切線剛性為 21.4 N/mm/mm (或每 96 mm 長度 2050 N/mm)，並且根據設計可以達到 23.9 N/mm/mm (或每 96 mm 長度 2300 N/mm) 的切線剛性。這個設計的目标法線剛性為 2140 N/mm/mm (或每 96 mm 長度 205000 N/mm) 大約是切線剛性的 100 倍。如以上所述的設計可以達到 2188 N/mm/mm (或每 96 mm 長度 210000 N/mm) 的法線剛性或大約是切線剛性的 91 倍。透過這些剛性的實現，在一個 9000/2000 N 的負荷 (法線及切線) 下，一個橫截面如圖. 5 所示的 96mm 長度擠型的 ESM 撓曲量為 (0.042mm / 0.870mm)。由於這個設計的法線剛性極高，它的法線位移量相當小，而在虛擬靜態 2000N 負荷下的切線位移量則差不多是 1 mm。

這個設計的挑戰是必須以構造強固的設計來達到所需的彈性常數。我們選擇用來製造彈性支撐模組的材料是 Ti-4Al-6V 材料，因為它有極高的比強度和極高的屈伏應力。其他材料 (如鋼或者鈦合金) 也可以使用。在如前面所述的結合法線及切線負荷的情況下，這個設計的峰值應力為 940 MPa，比材料的屈伏應力還低。除了應力分析之外，彈性支撐模組 (ESM) 的設計也必須讓它的內側柱可以在壓縮撞擊負荷下抵抗屈曲。相關的分析顯示，這個設

計的屈曲負荷餘裕 (屈曲負荷/峰值負荷) 在這樣的設計中為 3.6。因此這個模組符合所需的彈性行為而不需在結構完整性方面有所妥協。

圖. 7(a)中，注意會有某些干涉，摺曲伸度會影響本體背部的深度(d71)；凹口 72 及外緣框的設計延伸達整個桿頭的周緣，可能採用熔接方式用於生產。

圖. 7(b)中，這個版本採用 5 個屈曲件模組 73(2 x 17.5 mm 及 3 x 15.0mm)，屈曲件模組直線長度 80 mm。(可能額外增加 10-15 mm)，請注意屈曲件之間必須有間隔以便確實分隔兩個模組。

圖. 8(a)為高爾夫球桿桿頭及外殼；圖. 8(b)指出，以屈曲件連接的剛硬擊球面 81，裝入高爾夫球桿的桿頭中；注意用來安裝屈曲件的鳩尾榫設計，圖中沒有顯示用來覆蓋擊球面末端的剛硬擊球面蓋。

圖. 9(a)(b)為所有組件改變偏移量的情形，如果有問題，可能需要改變球桿外殼來減小偏移量 91 的變化。打擊面 92 採用線切割 EDM 放電加工，設計原型的凹口；厚度 3 mm，設計原型的側緣以環氧樹脂固定，另需要有額外的空隙 93。

圖. 10(a)(b)為剛硬擊球面蓋是最具挑戰性的部件，必須可以固定屈曲件並可增加擊球面的剛性，剛硬擊球面採用與球桿外殼相同的材料：其中，包含設計原型中的鳩尾榫連接槽採用深孔 EDM

或細線式 EDM 101 放電加工製作。其中，包含要安裝剛硬擊球面蓋的位置 102。

圖.11 中，擊球面 111 質量為 41.6 g、鈦合金製造、厚度漸薄以減輕重量並增加間隙 (對最後的滑動可能並不須要)111。凸稜 112 基部 寬為 2.0 mm，高為 4.0 mm。

在目前的設計中，切線運動的限制為 2.15 mm，以 40/50 的分割排列來說，整個可以容許 90 mm 的移動量。

● 偏好的製造程序為線切割 EDM (放電加工) 並採用標準表面處理。不過其他的標準加工或成型製程 (例如深孔 EDM) 也可以採用，只要可以生產所需強度的零件即可。圖.7-11 中所呈現設計的全部深度，即從前方 (擊球面) 到後方 (連結台)，為 19 mm；模組的總擠型長度為 90 mm，以 20 和 10 mm 長度的單元分成兩排排列在球桿的擊球面上。這可讓擊球面朝球桿上方平移，並且在法線或者切線方向上都具有極高的剛性。在本設計中，擊球面的質量為 41.6 g。它的剛性可以如前面所述加以選擇，使擊球面運動的第一固有切線頻率可以大致配合撞擊運動的持續時間。精確地調整條件將在後面有關切線剛性調整條件的段落中說明。

● 偏好設計中的一個關鍵要素是本體背襯結構、擊球面結構、以及彈性支撐模組 (ESM) 之間的固定。為了達到系統設計彈性常數，ESM 和擊球面以及本體之間的銜接不能有額外的裕度。這表示必須採用緊密配合 (可能以環氧樹脂黏合) 或熔接或焊接在一

起，使整個系統如同一個單體，接合部位只有極小的間隙或額外裕度。在偏好的具體事例中，ESM 樑的兩端採用楔形鳩尾樑的設計，並嵌入擊球面與背襯結構上的相應配合溝槽中。擊球面、ESM、以及本體的安裝結構的剖面圖可參閱圖. 7-16。圖中顯示出兩排摺曲樑 ESM 以及背襯結構與擊球面的銜接。這些銜接部位可以使用環氧樹脂來永久固定或簡單使用固定螺絲，在 ESM 及擊球面以及本體之間進行連接。

ESM 樑結構沿著它們的縱長採用不同厚度設計，以便減低樑在撞擊負荷下的應力。這樣的設計使它們的樑在接近中央部份的厚度較薄而在兩端則較厚。這樣的厚度變化對樑承受這類的運動最為適合，亦即典型滑動對滑動的樑邊界條件，兩端沒有角度撓曲而只有沿著切線方向的滑動平移。在這類運動中，峰值彎曲應力會由夾接 - 滑動端承受，而中央部份只承受少量的負荷。因此中央部份可以作得較薄，因為這部份的材料只會受到輕微壓迫。在其他設計特色方面，擊球面的厚度逐件減薄以便在球桿外緣的擊球面與背襯結構之間形成額外空隙。這是為了因應必須在遠離兩排 ESM 的位置上，承受法線負荷高度偏心的擊球狀況所做的設計。在這種情況下，擊球面會撓離兩排 ESM 並且在法線方向上變得較軟些。

在偏好的具體事例中，背襯結構非常剛應並且可為系統提供些微的額外裕度。在兩排 ESM 之間加設一個中央凸稜（通常為底部 2.0mm 寬 x 4.0 mm 高）用來提供這樣的剛性。必須注意，在背襯/支撐結構中也可能設計/允許某些裕度，但這樣的裕度必須在曲屈彈性調適中加以考慮，使整體系統彈性達到最理想的值。最後，在本設計中，在 ESM 的外側樑與背襯結構的邊緣之間發生接觸之前，擊球面可以容許有 2.14 mm 的一側到另一側運動。這是由背襯結構中的開口寬度所決定的。

推桿上的應用

在推擊時，我們知道要減少滑行的一个重要關鍵是在球離開推桿擊球面之前，盡可能賦予它更多的旋轉推力，並且減少在球開始滾動之前的滑行距離也是比較有利。

1 號木桿上的應用

在用力揮擊時，我們知道要增加球的飛行距離，並減少在高速撞擊情況下的橫向範圍移動，重要關鍵是減少球的旋轉推力以避免在高速撞擊中產生過度的撞擊力。

非線性系統模型

在本節中將說明一個用來模擬在可進行彈性變形的球體與在擊球面與本體之間，設計有彈性調適擊球面支撐的球桿頭，之間所進行的撞擊模型。這個模型的幾何示意圖如圖.9 所示。這個系統由多個元件構成，包括一個具有彈性的球與一個以彈性方式支撐在一個剛硬球桿頭本體上，可在空間中自由轉動及平移的剛硬擊球面接觸。跟球桿頭一樣，本體以一個全 6 度 DOF (3 度平移及 3 度旋轉) 剛體來表示，它可對透過擊球面彈性支撐作用在它身上的力來作出反應。擊球面接著會對支撐力作出反應並且與球進行接觸。如圖.9 中所示，擊球面允許如同一個剛體般朝法線及相對於擊球面法線方向的橫向方向，作出相對於球桿頭本體的移動。支撐彈性以一個 2×2 的剛性矩陣或 2×2 的順服矩陣來表示：

$$\begin{bmatrix} x_n & x_t \end{bmatrix}^T = \{K_{nn} \ K_{nt}; \ K_{tn} \ K_{tt}\}^{-1} \begin{bmatrix} F_n & F_t \end{bmatrix}^T$$

其中 x_n 是擊球面相對於本體的法線撓曲， x_t 是擊球面相對於本體的切線撓曲， F_n 是擊球面上因與球的撞擊所產生的法線力， F_t 是擊球面上與球撞擊所產生的切線力，而 K 則代表擊球面支

撐的彈性矩陣構成元件。

球在一開始時處於靜止狀態，球桿頭則以指定的桿頭速度移動，而球桿頭會因為推進而與球接觸。這個模型假設接觸力出現在法線與切線方向上，其中切線方向的定義是球在擊球面上滾動/滑動的方向。這會由起始球桿頭方向及速度以及擊球面的幾何所決定。球一開始處於靜止狀態，而法線撞擊力和切線摩擦力會使球的重心產生速度並使球大致以重心為中心開始旋轉。球的壓縮和能量損耗以可接受的黏彈性模型來建構它的模型，並且以一個單一壓縮模式來代表球的動態。這個模型呈現出一個非線性方程式的系統，它的初始條件包括球和桿頭的速度及方向。從這些聯立非線性動力方程式導出的時間推移關係，則利用 Matlab Simulink 工具箱中的數值積分技術，求得數值解來作為一個時間函數。這個模型可以研究球與桿頭撞擊的主要作用，而它的結果則強調了在球的旋轉方面，能達到一個特定效果所需的理想設計品質和偏好的配置。

案例研究

我們進行了一些案例研究，並且改變各種參數如擊球面嵌件彈性、擊球面質量、及球與擊球面的摩擦係數。若沒有其他的說明

時，這個結果適用於一支 10 g 重的剛硬擊球面上有 27 度斜面的標準 5 號鐵桿。

圖. 12 及 13 顯示以下將說明的 3 個案例的撞擊模擬時間推移關係。在圖中的曲線表示方面，截線/點線 = 案例 1，虛線 = 案例 2，實線 = 案例 3。

● 截線/點線代表一個有連結的擊球面 - 它的剛性矩陣 $K_{nn} = 4.4e6$ 、 $K_{tt} = 2.8e5$ 、 $K_{nt} = 5.5e5$ 。它呈現出一個在法線與切線方向之間有連結的系統。虛線則由一個沒有連結但橫向剛性較低、且 $K_{nn} = 1.8e7$ 、 $K_{nt} = 0$ 、 $K_{tt} = 7.2e5$ 的系統導出。這個系統相當於一個有 6 個面積約為 $0.5 \times 1 \text{ mm}$ ，且長度為 5 mm 立柱的彈性嵌件排列來支撐一個 10 g 重的擊球面。

● 實線代表一個 "剛硬" 擊球面 - 具有非常高的法線及橫向剛性。這證明了諸如旋轉等撞擊參數，接近一支 5 號鐵桿的標準案例。因此標稱預期旋轉為 $\sim 6400 \text{ RPM}$ 。

升高旋轉的案例 1 (截線/點線) 以及減低旋轉的案例 2 (虛線)，則由在撞擊負荷下，擊球面從它未變形的位置開始，相對於球桿本體的位移導出。位移的時機和方向非常重要，可以用來研

究及調適支撐件中的嵌件彈性來達到想要的效果，如減低或增加旋轉。擊球面運動相對於撞擊持續時間的時機及運動狀況在決定球旋轉方面特別重要。在這一系列案例中的擊球面質量為 10 g。

可以透過適當的擊球面連結來達到明顯增進或抑制球的旋轉的效果。這些結果對擊球面相對於撞擊持續時間的實際調整非常敏感

案例編號：	1 截線/點線	2 虛線	3 實線
桿頭速度 (mph)：	89.48	89.48	89.48
球體速度 (mph)：	130.028	127.086	125.398
發球角度 (仰角) (度)：	17.1585	22.7782	18.7527
發球角度 (偏角) (度)：	0.0376313	0.159735	0.0747685
球的轉速 (上旋) (rpm)：	8327.01	3198.94	6410.85
球的轉速 (側旋) (rpm)：	44.6463	125.551	68.7056

切線剛性 (圖. 16 及 17)

我們也分析了一系列的案例來探討在無連結情況下切線剛性調制。基本案例是：

案例 1 = $K_{nn} = 1.8e7$ 、 $K_{tt} = 7.2e5$ 、 $K_{nt} = 0$ (截線/點線)

剛性的變化以下列表示：

案例 2 = $K_{tt}/2$ (虛線)

案例 3 = $K_{tt} * 2$ (實線)

案例 4 = $K_{tt} * 8$ (截線/雙點線)

案例 5 = $K_{tt} * 32$ (基本 "剛硬切線剛性案例")

案例編號：	1	2	3	4	5
桿頭速度 (mph)：	89.48	89.48	89.48	89.48	89.48
球體速度 (mph)：	126.782	124.954	127.497	126.586	126.494
發球角度 (仰角)(度)：	16.7354	23.1676	15.7433	18.4742	18.5917
發球角度 (偏角)(度)：	0.064	0.2062	0.03187	0.07313	0.07265
球的旋轉 (上旋)(rpm)：	8406.61	2845.11	9206.93	6691.47	6658.87
球的旋轉 (側旋)(rpm)：	62.7807	151.819	41.5697	72.12	69.7804

很明顯地，其中有一個切線剛性的調整放大了增進球旋轉的效果。以下說明撞擊時間推移關係的邏輯和分析。

如果切線剛性太低 (案例 2)，則擊球面會快速向上移動來對球與擊球面之間的摩擦力作出反應。由於剛性極低 (且擊球面非常輕 - 10g)，擊球面的速度會迅速升高並超過球的重心，移動通過擊球面的速度 - 因而導致降低球的旋轉。當切線剛性最終造成擊球面回彈時，它會再次將球向上旋轉，但這個結果太小太慢，因為撞擊運動已經幾乎結束 (較低的剛性，表示對於一個特定的擊球面質量較低的擊球面反應頻率)。這個效果可以用來減少旋轉。

如果切線剛性相當高 (案例 1、3 顯示可接受的值的範圍)，則

擊球面會以一個略慢於球的接觸點，在擊球面上向上滑動/滾動的速度向球桿上方移動 - 所以球在擊球面繼續向球桿頭上方移動的同時會繼續向上旋轉。切線剛性和擊球面質量會使擊球面在球的撞擊繼續進行時回彈(仍具有合理的法線與切線力)，而擊球面的回彈會增加球與球桿擊球面之間的相對切線速度，並繼續讓球向上旋轉超過正常的量 (~+3000 RPM!)。這可以用來增進球的旋轉，效果超過傳統無調適擊球面球桿所能達到的程度。

如果切線剛性太高 (案例 4、5)，擊球面的切線運動並不重要或者不明顯。在這種情況下，球會向上旋轉直到球的滾動和球與擊球面之間的切線速度分力吻合 (球基本上是在擊球面上向上滾動，擊球面/球的銜接部位沒有發生滑動) 為止。這會產生可以透過更簡單的模型計算出來相同的旋轉速度。當擊球面的切線剛性越來越高時，系統的旋轉合力會趨近這個 “滾動的” 旋轉值。

理想的剛性範圍首先取決於 1) 球與擊球面之間的摩擦係數、以及 2) 擊球面的斜面、和 3) 擊球面的自由質量。這些都會影響擊球面對切線負荷以及切線負荷程度的反應時機。

這些剛性只需要透過傳統 (無連結) 屈曲件的安排即可達到。這包括支撐擊球面一系列延伸的圓形或矩形立柱。它也可以是在

一些位置上的成串鋼插件。基本案例中包括 6 個 1 mm 見方長度 ~5 mm 的支撐件。

切線撓曲並不會太大 (基本案例大約為 3 mm 而案例 3 則為 2 mm)，這對於設計方面非常有利，但嵌件的應變對於這些模組來說仍然非常大，因此最好選用具有高應變能力的材料。除了標準的鈦或鋼合金之外，其他可能的材料可以是具有形狀記憶能力或虛擬彈性 (如 Nitinol) 用在模組或整個擊球面總成上。

以下幾個段落將說明一系列案例，來探討斜面角度和擊球面質量的效果。

摩擦係數與與斜面角度

圖. 18 及 19 顯示只改變一支 5 號鐵桿 (27 度斜面) 的 COF (磨擦係數)，而其他都與所示的另外兩個案例有相同的效果。在這個案例中，摩擦係數對於球的旋轉並沒有非常明顯的影響。針對一個特定的斜面角度，球的旋轉對於摩擦係數相對較不敏感。截線/點線為 0.2 而虛線為 0.8 - 非常不同的撞擊，但結果卻非常接近。

如果擊球面的角度從 27 度 (5 鐵桿) 改變為 47 度斜面 (形

成一個楔形)，且如果 COF 從 0.2 增加到 0.5，即使採用相同的剛性，仍可回復成斜面角較小的鐵桿/球桿頭所能產生的行為。這樣的摩擦係數利用噴砂的表面處理就可以輕易達到。原因是，斜面角度越高則擊球面法線力越低而切線速度越高。較高的 COF 會導致較高的擊球面切線力並產生較高的擊球面速度 - 擊球面切線速度/球切線速度的比率大致和斜面角度較低，且 COF 較低的球桿頭上所看到的相同。這說明了針對不同的擊球面角度但想要達到相似的球旋轉效果時，應在設計中考慮到一個重要的參數（相對擊球面/球切線速度）。

質量變化 (圖. 20 及 21)

在本節中，我們將探討針對擊球面的質量增加的效果所進行的一系列測試檢驗。這些案例如下：

案例 1 (實線)：標準 5 號鐵桿 (27 度) - 擊球面為 10 g 重 (類似於前面所有的分析)，剛性 - 標稱，COF 0.2。

案例 2 (虛線)：斜面 - 標準，擊球面為 20 g 重，剛性 - 標稱，COF 0.2。

案例 3 (實線)：斜面 - 標準，擊球面為 20 g 重，剛性 - x3，COF 0.2。

案例 4 (截線/雙點線)：斜面 - 標準，擊球面為 20 g 重，剛性 - x3，COF 0.5。

案例 5：斜面 - 標準，擊球面為 20 g 重，剛性 - 標稱，COF 0.5。

結果及說明如下：

案例編號：	1	2	3	4	5
桿頭速度 (mph)：	89.48	89.48	89.48	89.48	89.48
球體速度 (mph)：	126.374	125.401	126.093	125.79	125.833
發球角度 (仰角)(度)：	15.904	17.3999	16.6756	18.8698	16.5546
發球角度 (偏角)(度)：	0.0471286	0.0803896	0.0423863	0.0485769	0.0437321
球的旋轉 (上旋)(rpm)：	9040.29	7718.06	8193.13	6374.33	8772.42
球的旋轉 (側旋)(rpm)：	49.4707	66.775	46.2163	58.7473	45.2584

關於結果的解說，如下：

標稱案例以 7 g 重的質量執行。

截線/點線為標準，基本剛性為 $K_{nn} = 1.08 \times 10^8$ 、 $K_{tt} = 1.08 \times 10^6$ 、 $K_{nt} = 0$ (無連結)，這可透過 24 1.5 cm 長、斷面為厚度 1.5 mm 的方形鋼屈曲件來達到。要注意最重要的部份是圖. 21C 中的切線表面速度。當切線表面速度趨近零時，表示擊球面與球的表面之間的相對速度已經為零，即球開始滾動且擊球面移動使接觸點不會產生滑動。圖. 21C "切線桿頭分力" 擊球面在撞擊的前半段向上移動，然後在 1.55 秒時開始向下移動。擊球面速度即從這個曲線導出，並且在決定球的旋轉時比桿頭位置更加重要。當擊球面達到它的最高點並且開始向下移動時，它的負速度會升高並且開始嘗試將球旋轉 - 這可由圖. 21C 中的 "切線表面速度" 曲線在

1.5 到 1.8 秒之間 (截線/點線) 的升高獲得證明。這個回彈會使球保持旋轉並且讓旋轉轉速升高的動力來源。

通常這會引發某些調整的傾向 - 首先您會希望切線 DOF 能大致配合撞擊的時間進程，使擊球面可以在撞擊運動的後半段回彈。圖. 21C 的 "切線表面速度" 圖中的截線/點線曲線在 ~1.8 秒處的尖角，就是擊球面由於來到回彈的最下方而減慢下來所造成的效果。最重要的是，這個 "回彈結束" 時的擊球面減慢必須發生在撞擊的末尾 - 否則它會在球離開擊球面之前減慢球的旋轉 (如圖. 21E 的 "球的旋轉" 中的截線/雙點線所示)。

虛線曲線 (案例 2) 表示將擊球面質量增加到 20g 而其他全部相同時的效果。從圖. 21C 中的 "切線表面速度" 圖來看，較大的擊球面慣性似乎會減慢擊球面，讓它需要花費更長的時間才能達到可與球配合的速度 - 它只會在 1.45 秒時開始滾動。在旋轉方面更為明顯，圖中顯示在達到滾動點之後，較重的質量會減慢球的旋轉。這是因為它移動更為緩慢 - 有更長的時間常數，而速度也會相應減慢。當球在擊球面上滾動時所出現的旋轉與擊球面的加速度有關。由於質量較大 (剛性相同) 時它的加速度並不會非常高，因此球的旋轉也很明顯地比較不顯著。較長時間常數對於回彈發生在撞擊的後半段確實是有所幫助，因此有充分的時間可以讓系統將球旋轉。

在一項嘗試中，我們將系統的速度、剛性（包括法線和切線剛性）都增加 3 倍（實線曲線）。這只表現出極小的效果，但它確實可將系統的速度加快到回彈的結束，發生在撞擊結束之前的瞬間。這可讓震盪中的擊球面，在球離開與擊球面的接觸之前稍微抑制球的旋轉。這 3 個案例都有良好的旋轉效果 - 證明這個設計的可行性。

案例 4（截線/雙點線）是最後一項嘗試，它將 COF（摩擦係數）增加到 0.5（預期值），它具有讓球滾動更加快速的效果。滾動的情況與較低的摩擦力，使擊球面的加速比較不明顯而導致相對於撞擊時間更快速的回彈有關。它會更快速的沿著它的軌跡回彈並且在撞擊結束之前開始減速。由於摩擦力極高，這會導致如圖.21E 中 "球的旋轉" 線（截線/雙點線）圖中所發生的戲劇性抑制旋轉。

案例 5 則嘗試將它恢復為原來的剛性、20g 重的擊球面、COF = 0.5 來進行修正。它的概念是較低的剛性會使擊球面較慢回彈並有較多的移動量。這確實有效 - 由高摩擦力所賦予的慣性讓擊球面保持向上移動，並且由於它是一個較緩慢的系統，它會在基本撞擊結束之後才回彈，因而比較不會抑制旋轉。

我們可以看出基本剛性即使對較大的 20g 重的擊球面來說都是一個精確的值。同時也很明顯地是，即使質量增加，擊球面的 COR 也不會改變。通常越大的擊球面質量會成為球動能的釋放管道。

藉由上述針對本發明的各種事例的說明，我們可以很明顯的看到它其實可以進行許多額外的變化，而本文中的說明只是用來解說本發明的概念而已。因此，實際的範圍並不僅限於上述的說明，但僅以後述的申請範圍及類似設計為例。

本案所揭露之技術，得由熟習本技術人士據以實施，而其前所未有之作法亦具備專利性，依法提出專利之申請。惟上述之實施尚不足以涵蓋本案所欲保密之專利範圍，因此，提出申請專利範圍如附。

【圖式簡單說明】

本項發明的各項具體事例、特色、及優點，透過參考本節對下列附圖的詳細說明，將可以獲得更完整瞭解：

圖.1 及 2 說明本發明的一個概念性具體事例，圖中顯示在擊球面與球桿本體之間，設置一個彈性裝置以彈性方式將擊球面連結到本體上；

圖.3 及 4 則詳細說明一支顯示側向位移的鐵桿球桿頭以及採用彈性擊球面安裝系統的擊球面，特定具體彈性嵌件和以彈性方式支撐的擊球面；

圖.5 及 6A 和 6B 詳細說明以彈性方式支撐的擊球面，彈性嵌件模組的特定具體事例；

圖.7 (包括 7A 和 7B) 則說明一支鐵桿中的屈曲模組與擊球面的銜接；

圖.8 (包括 8A 和 8B) 顯示球桿頭與屈曲件的擊球面；

圖.9 (包括 9A 和 9B) 是一個透過調適的擊球面/本體的彈

性、球的彈性、以及全 6 度 DOF 模擬球與球桿頭之間撞擊運動的模型示意圖；

圖. 10 (包括 10A 和 10B) 進一步顯示擊球面與屈曲件銜接的結構圖示；

圖. 11 擊球面/屈曲件銜接的側視示意圖；

圖. 12 (包括 12A、12B、12C、12D、和 12E) 是從模擬中導出球與球桿撞擊運動中的各項重要參數，隨著時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 撞擊法線力、B) 撞擊切線 (摩擦) 力、C) 相對切線速度的時間推移關係、D) 桿頭/旋轉的時間推移關係、及 E) 球旋轉含量的時間推移關係；

圖. 13 (包括 13A、13B、13C、13D、和 13E) 是從模擬中導出球與球桿的撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 球體彈性撓曲、B) 相對法線擊球面撓曲、C) 相對切線擊球面撓曲、D) 切線球體重心速度的時間推移關係、及 E) 法線球體速度的時間推移關係；

圖. 14 (包括 14A、14B、14C、14D、和 14E) 是從模擬中導出

改變屈曲角度的球與球桿撞擊中的各項重要參數，時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 撞擊法線力、B) 撞擊切線 (摩擦) 力、C) 相對切線速度的時間推移關係、D) 桿頭/旋轉的時間推移關係、及 E) 球旋轉合量的時間推移關係；

圖. 15 (包括 15A、15B、15C、15D、和 15E) 是從模擬中導出改變屈曲角度的球與球桿撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 球體彈性撓曲、B) 相對法線擊球面撓曲、C) 相對切線擊球面撓曲、D) 切線球體重心速度的時間推移關係、及 E) 法線球體速度的時間推移關係；

圖. 16 (包括 16A、16B、16C、16D、和 16E) 是從模擬中導出改變切線剛性 (未連結) 的球與球桿撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 撞擊法線力、B) 撞擊切線 (摩擦) 力、C) 相對切線速度的時間推移關係、D) 桿頭/旋轉的時間推移關係、及 E) 球的旋轉合量的時間推移關係；

圖. 17 (包括 17A、17B、17C、17D、和 17E) 是從模擬中導出改變切線剛性 (未連結) 的球與球桿撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 球體彈性撓曲、B) 相對法線擊球面撓曲、C) 相對切線擊球面撓曲、D) 切線球體重心

速度的時間推移關係、及 E) 法線球體速度的時間推移關係；

圖. 18 (包括 18A、18B、18C、18D、和 18E) 是從模擬中導出改變擊球面摩擦係數的球與球桿撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 撞擊法線力、B) 撞擊切線 (摩擦) 力、C) 相對切線速度的時間推移關係、D) 桿頭/旋轉的時間推移關係、及 E) 球的旋轉合量的時間推移關係；

圖. 19 (包括 19A、19B、19C、19D、和 19E) 是從模擬中導出改變擊球面摩擦係數的球與球桿撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 球體彈性撓曲、B) 相對法線擊球面撓曲、C) 相對切線擊球面撓曲、D) 切線球體重心的速度的時間推移關係、及 E) 法線球體速度的時間推移關係；

圖. 20 (包括 20A、20B、20C、20D、和 20E) 是從模擬中導出改變擊球面質量的球與球桿撞擊中，各項重要參數的時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 撞擊法線力、B) 撞擊切線 (摩擦) 力、C) 相對切線速度的時間推移關係、D) 桿頭/旋轉的時間推移關係、及 E) 球的旋轉合量的時間推移關係；

圖. 21 (包括 21A、21B、21C、21D、和 21E) 是從模擬中導出

改變擊球面質量的球與球桿撞擊中，各項重要參數時間推移關係的一個圖形化表現，圖中顯示：A) 球體彈性撓曲、B) 相對法線擊球面撓曲、C) 相對切線擊球面撓曲、D) 切線球體重心速度的時間推移關係、及 E) 法線球體速度的時間推移關係。

【主要元件符號說明】

11 球

12 擊球面

13 背襯結構

14 可撓擊球面支撐

15 因撞擊所產生的擊球面運動

16 球的旋轉及速度合力

21 擊球面

22 移動範圍

23 背襯結構

31 背襯結構

32 上排 FFMs

33 擊球面

34 下排 FFMs

(d41)6mm

(d42)7mm

(d51)0.5mm

(d52)1mm

(d53)7mm

(d54)10mm

(d55)15mm

(d56)2mm

(d71)深度

72 凹口

73 屈曲件模組

81 剛硬擊球面

91 偏移量

92 打擊面

93 空隙

101 細線式 EDM。

102 安裝剛硬擊球面蓋的位置

111 球面

112 凸稜

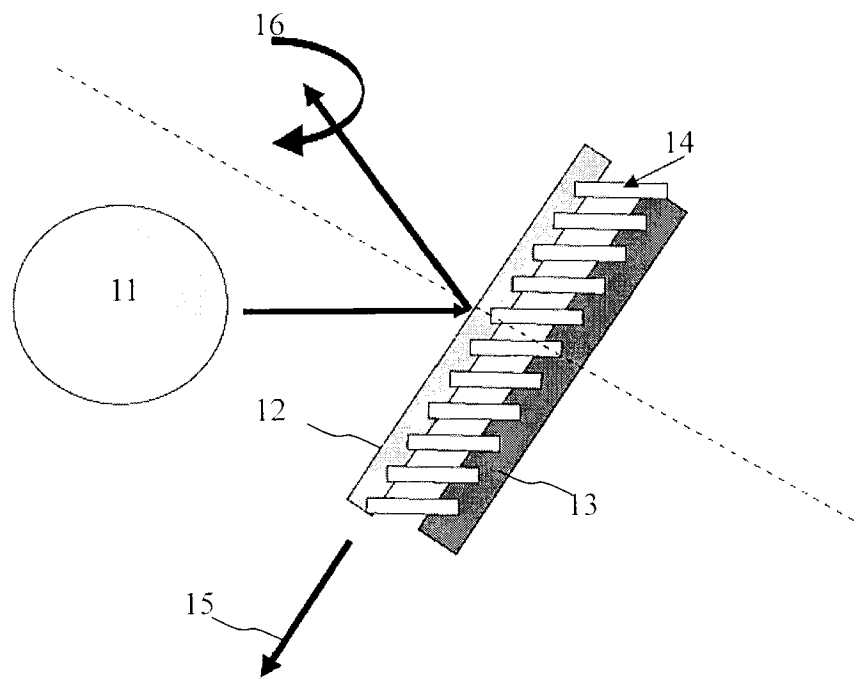


圖.1

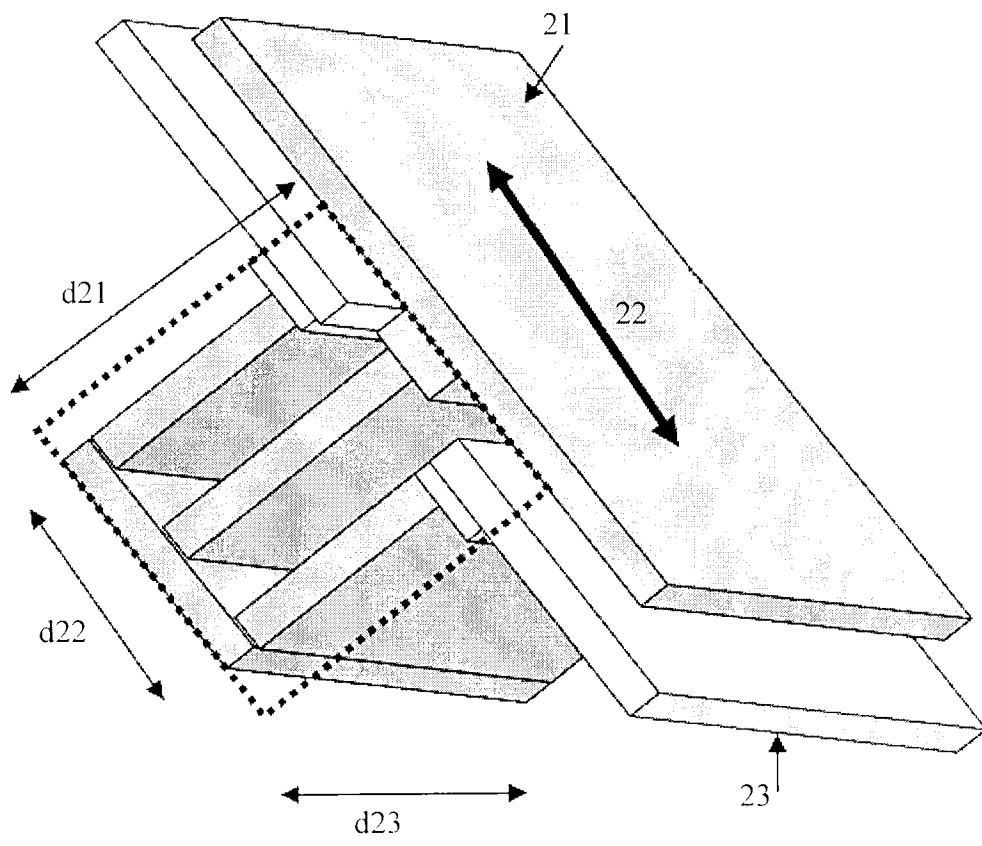


圖.2

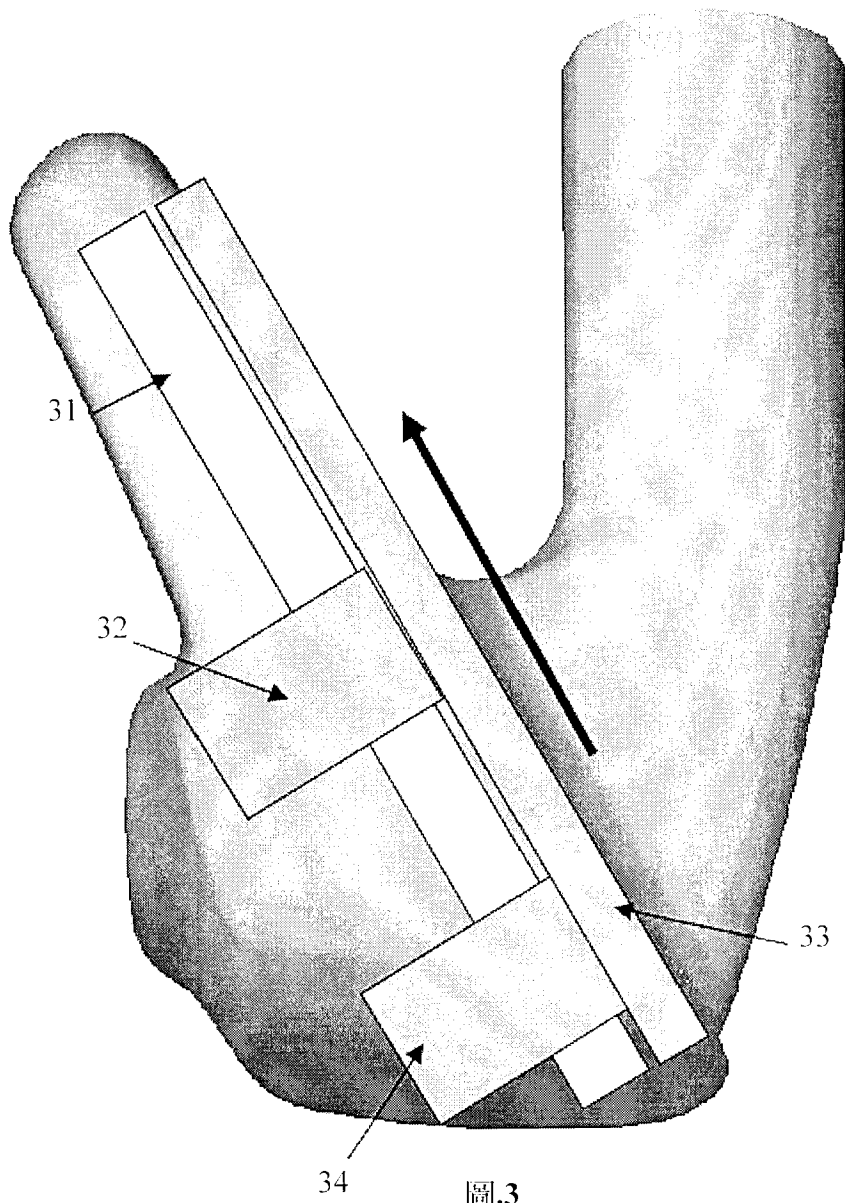


圖.3

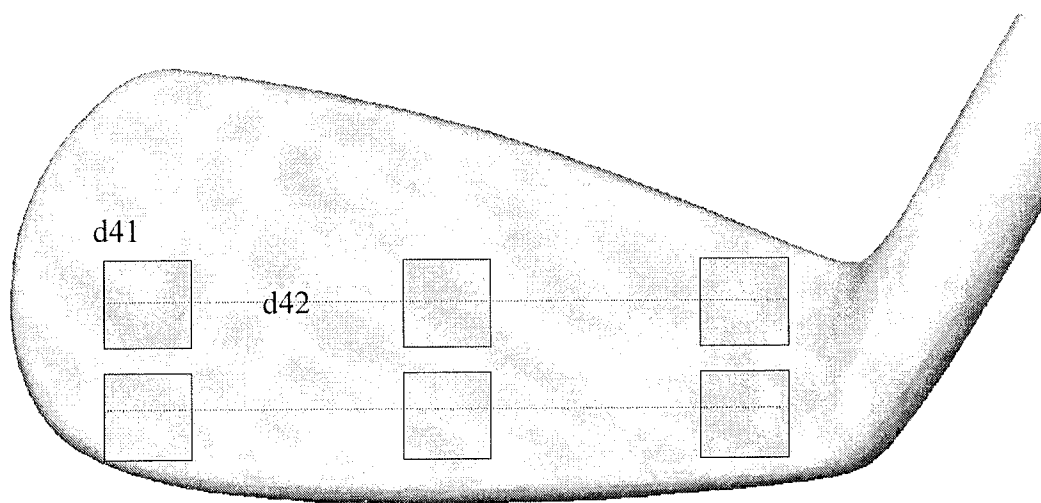


圖.4

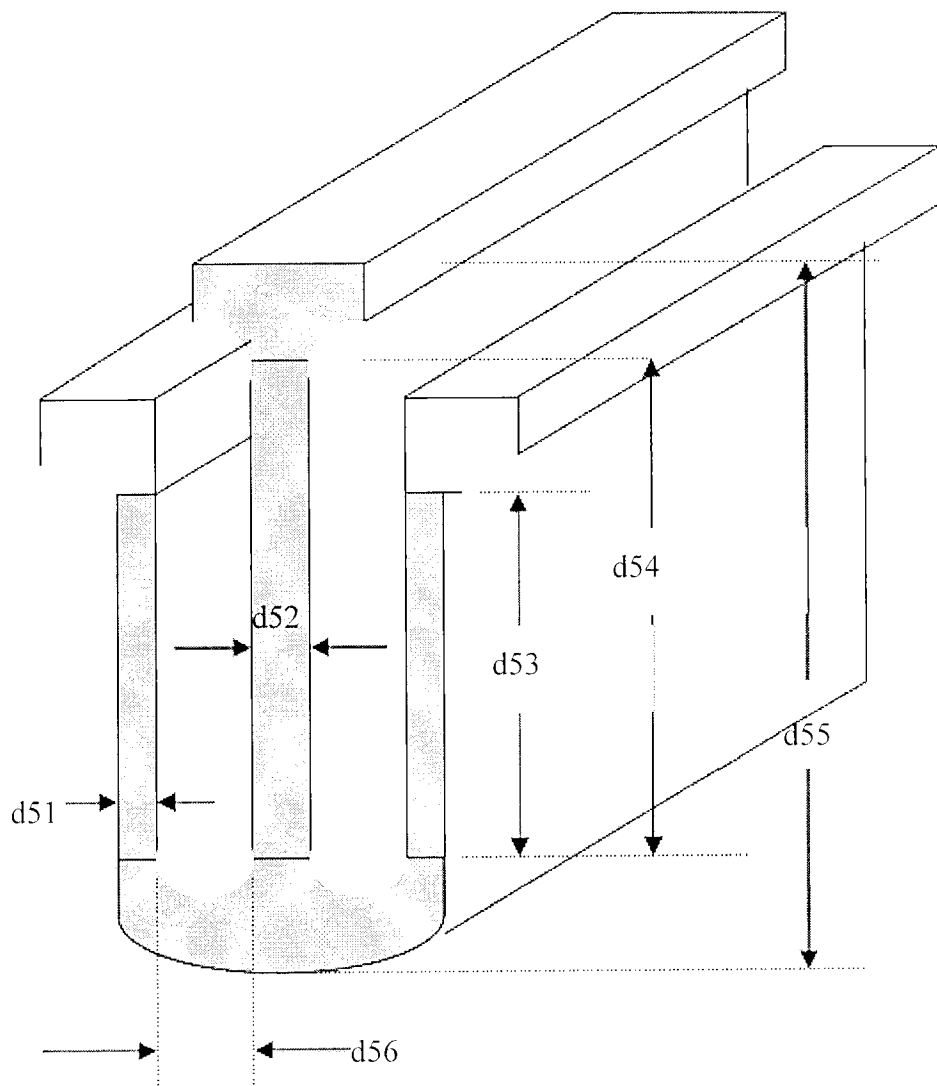


圖.5

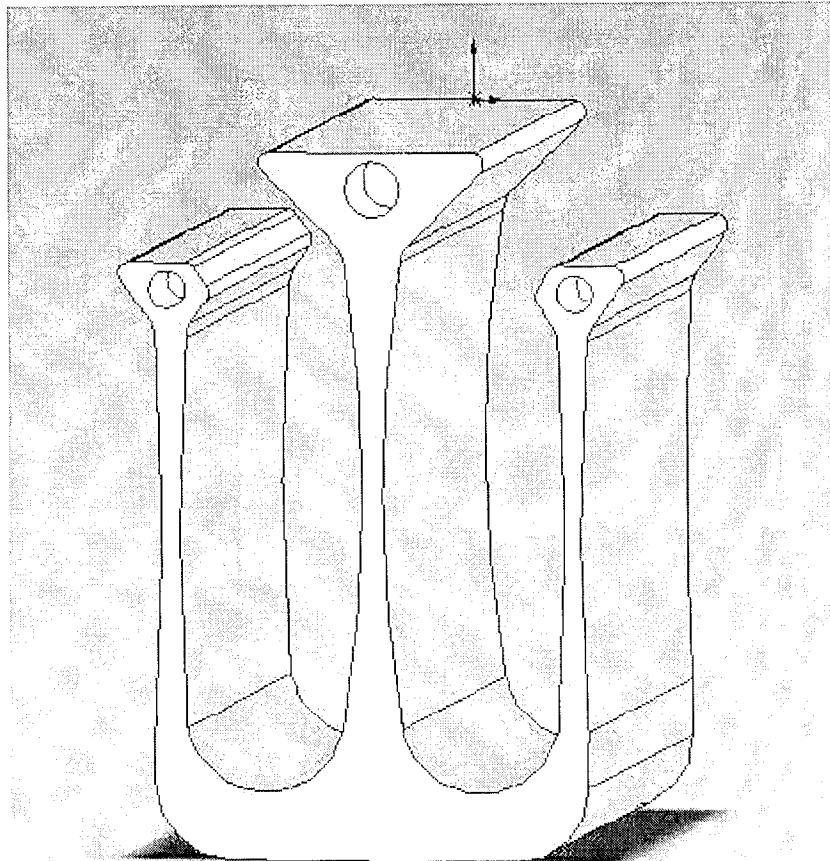


圖.6a

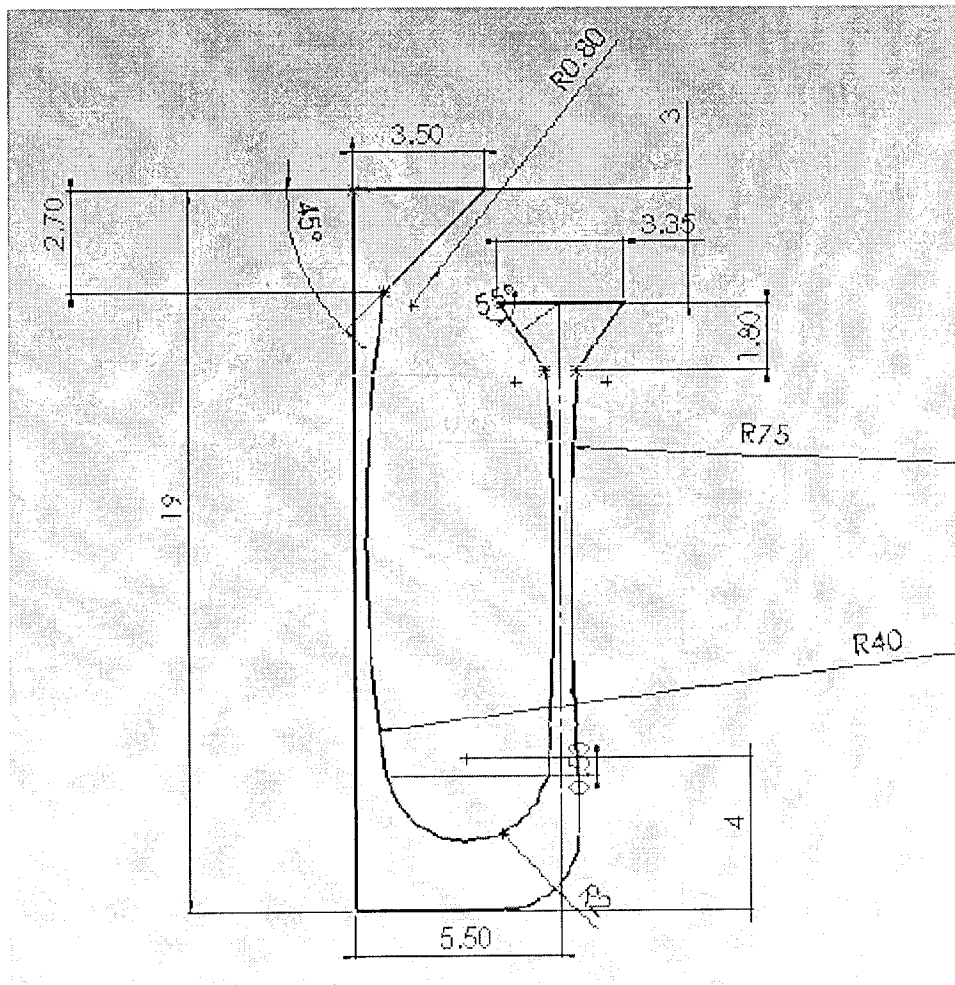


圖 6b

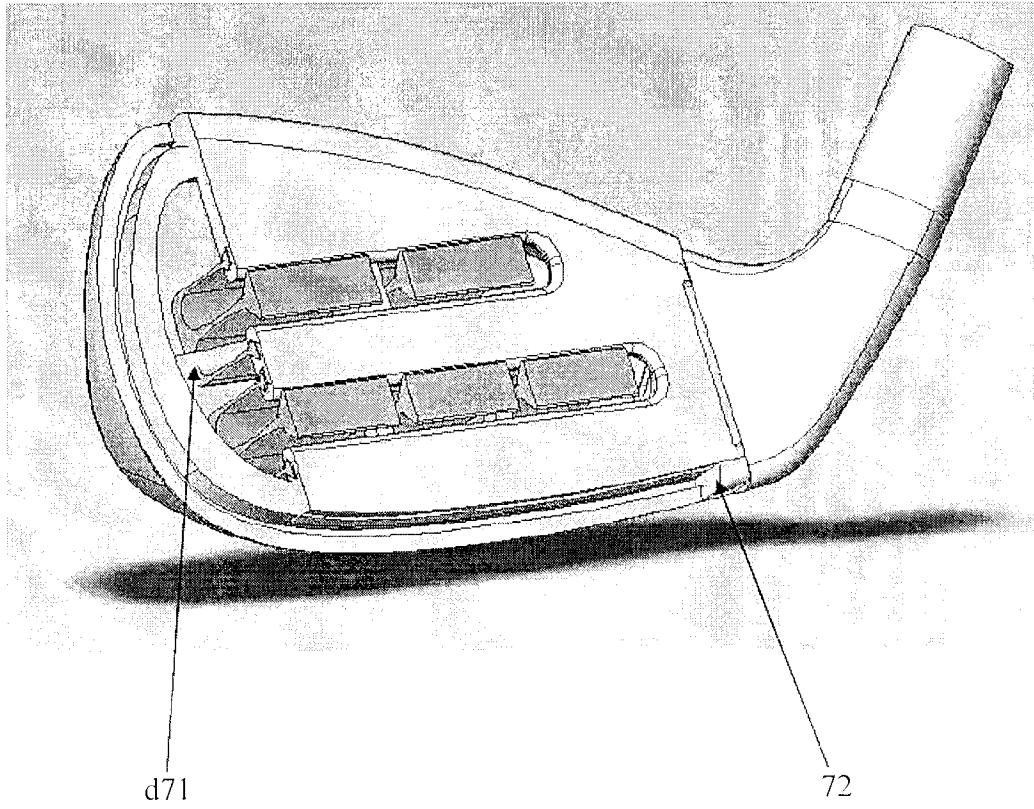


圖.7a

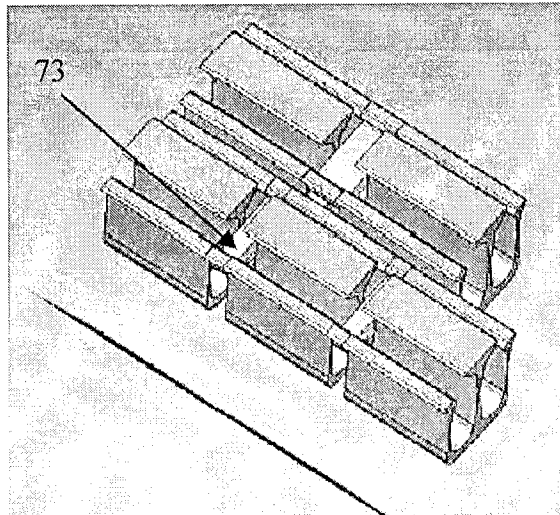


圖.7b

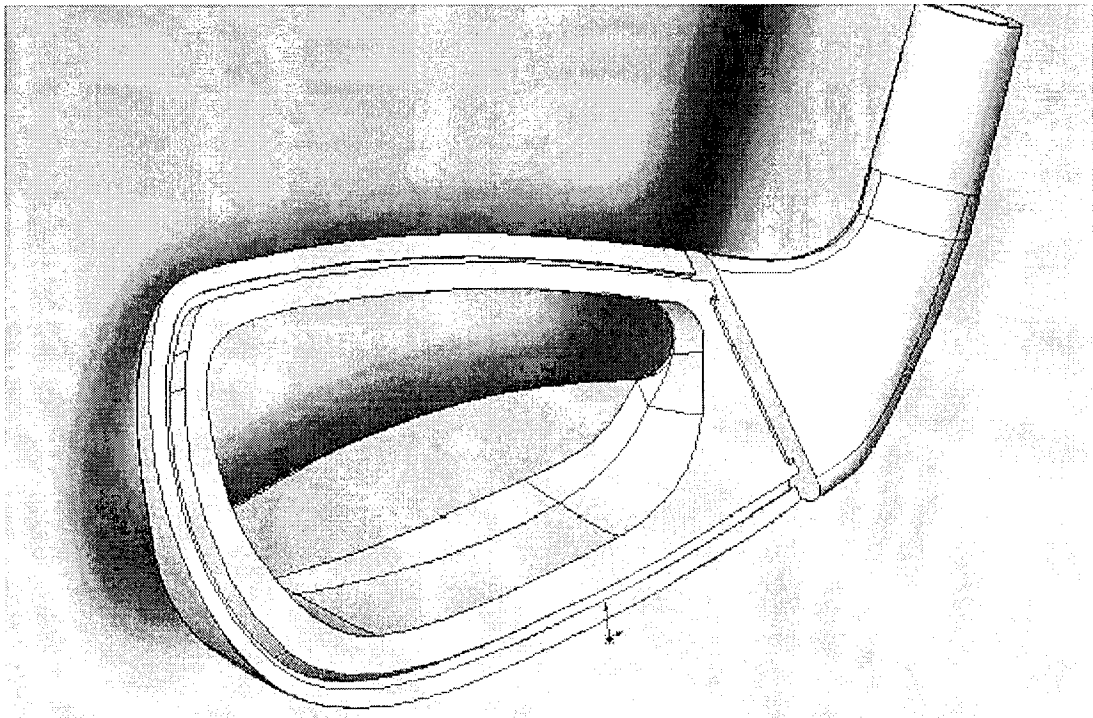
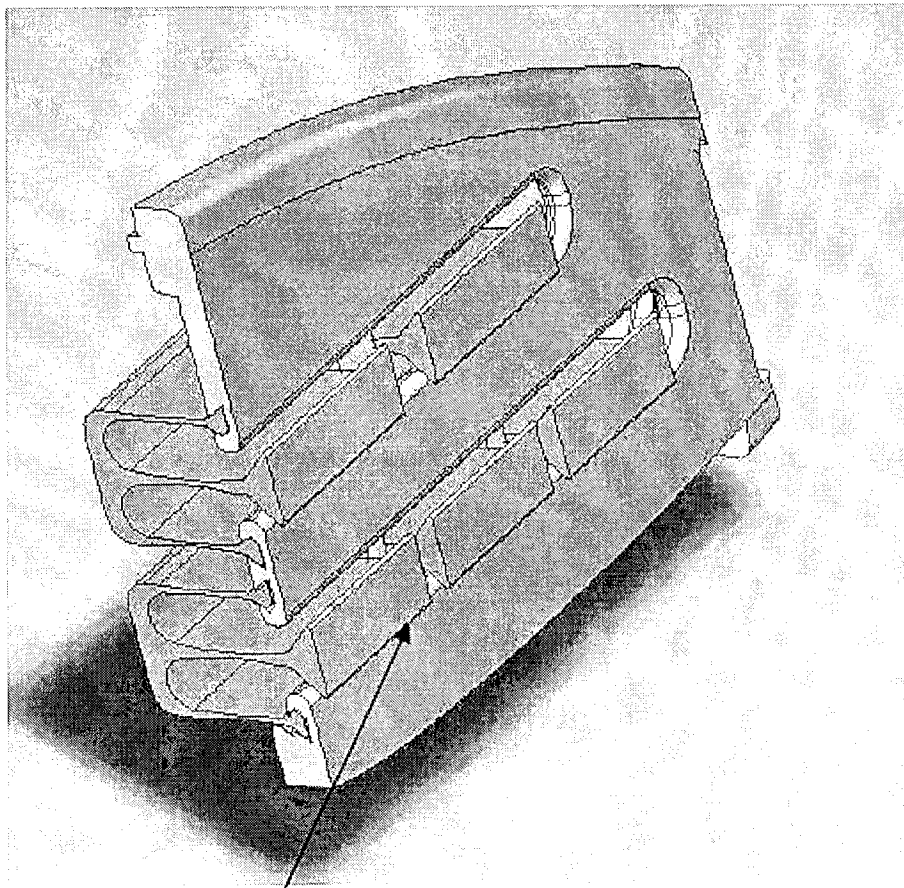


圖.8a



81

圖.8b

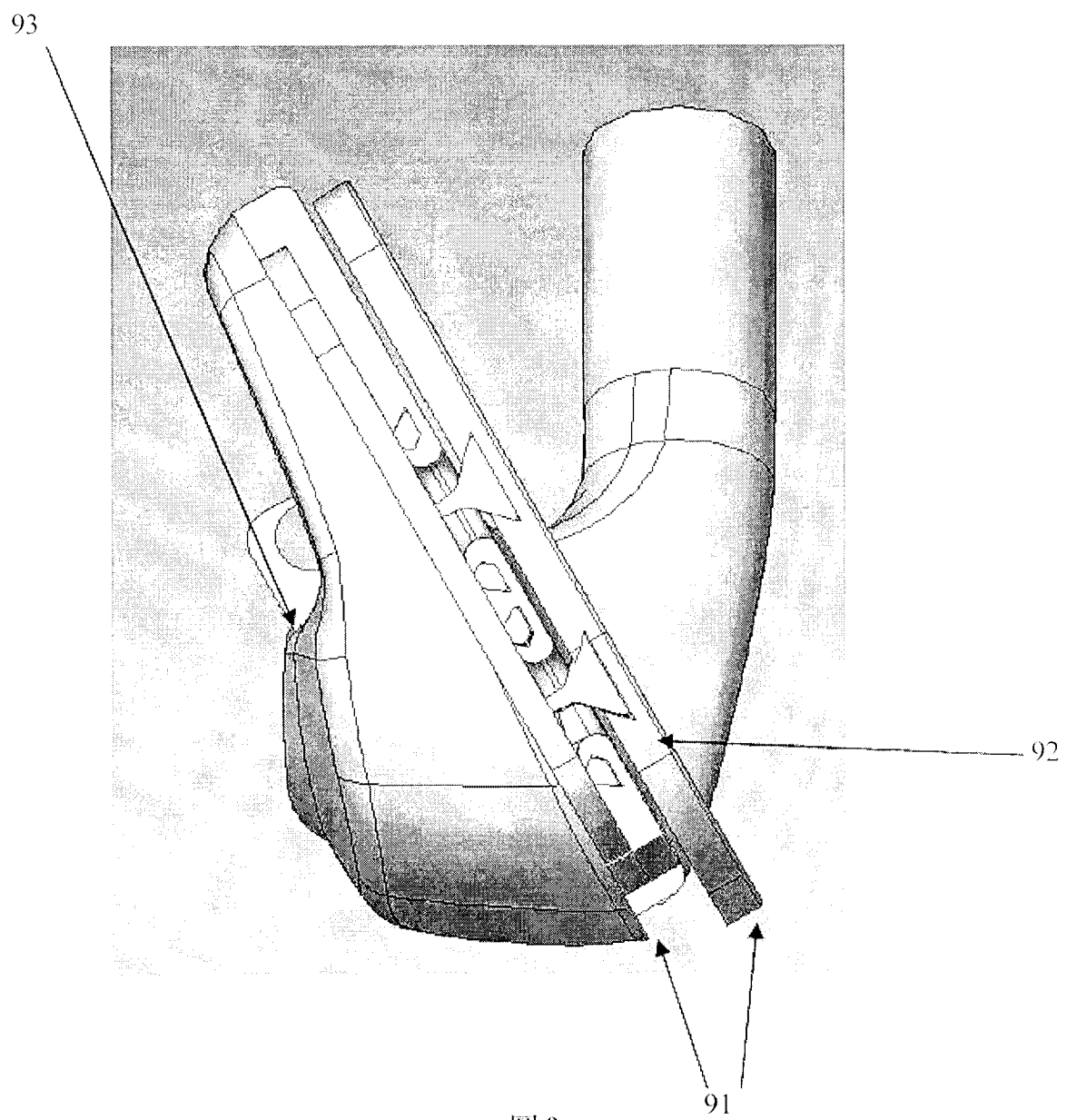


圖.9a

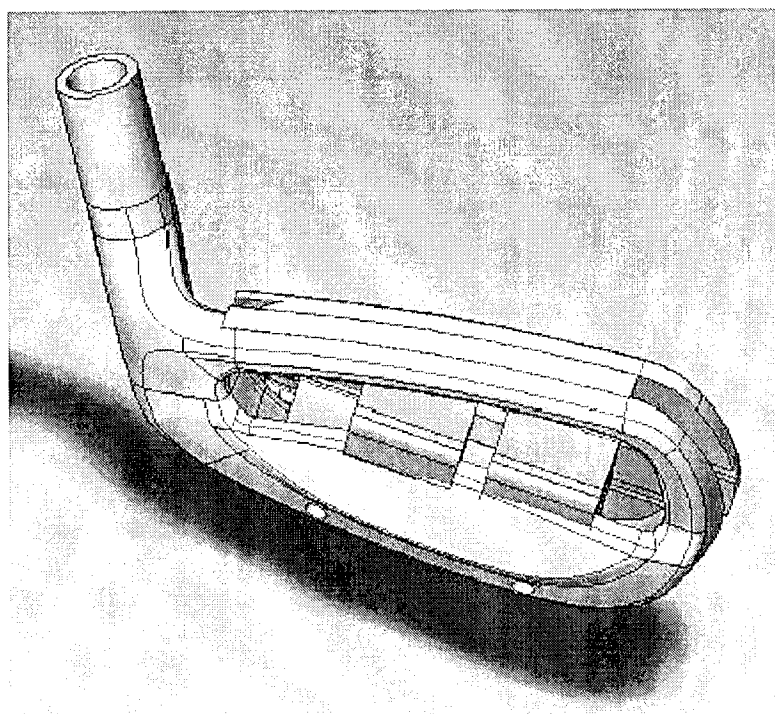


圖.9b

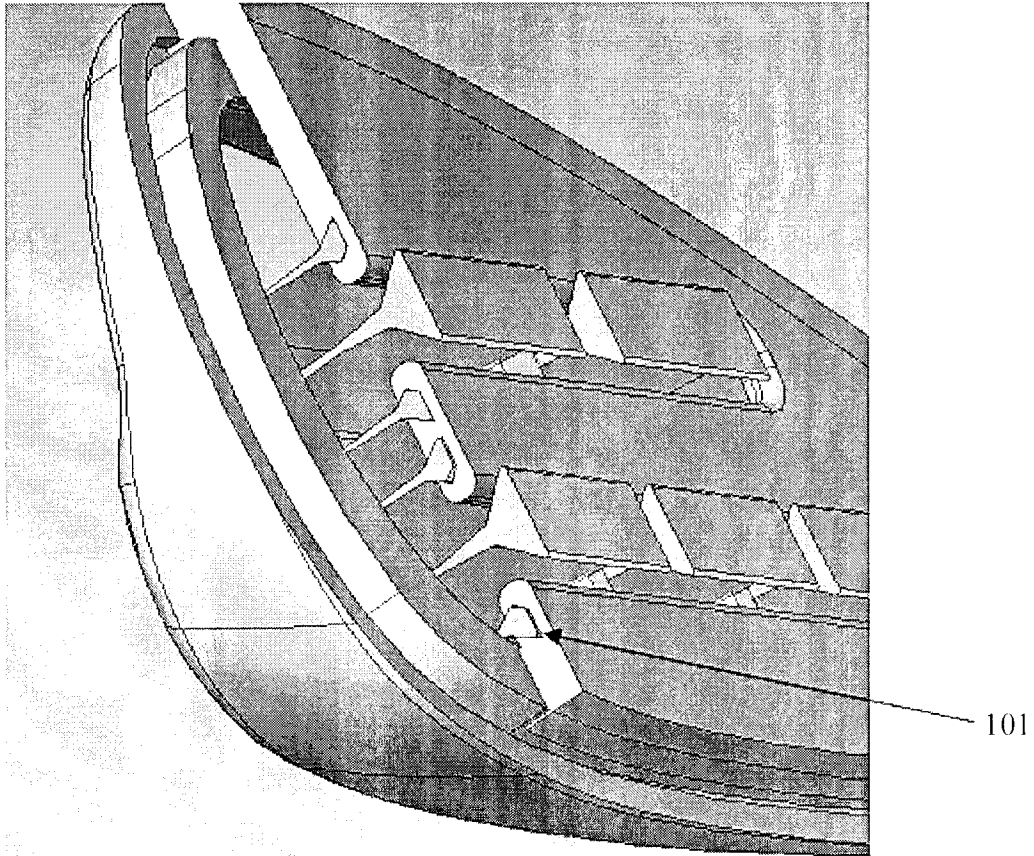


圖.10a

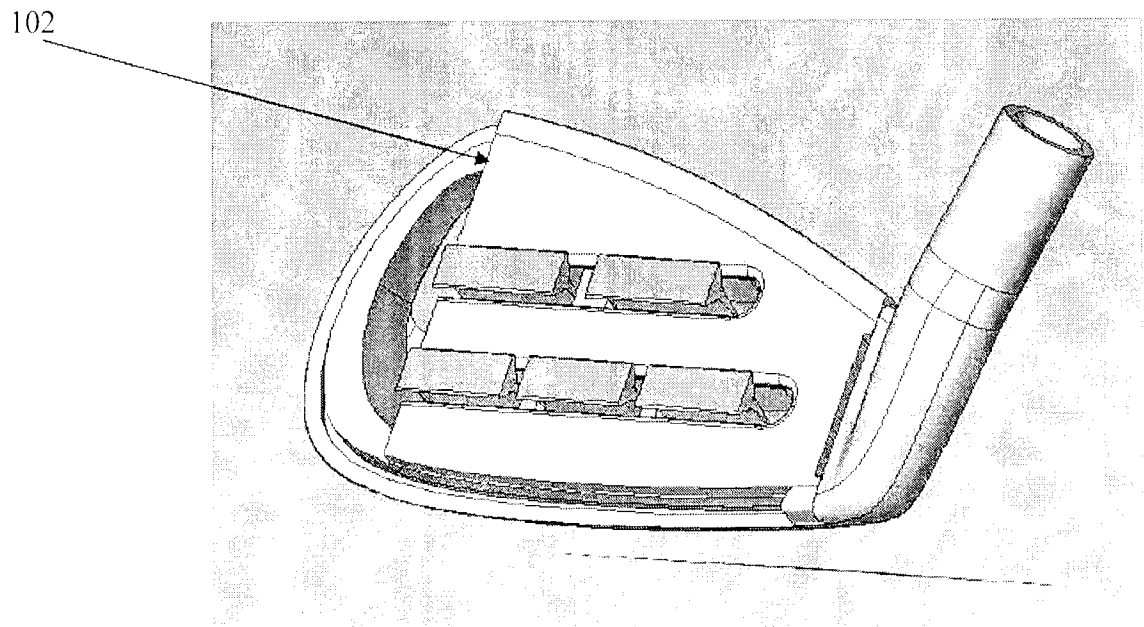
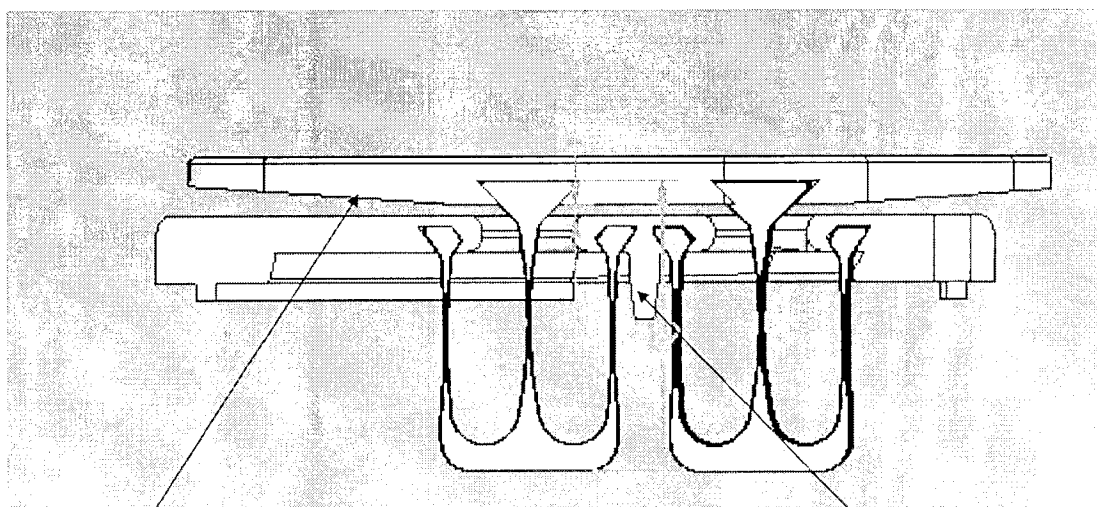


圖.10b



111

112

圖.11

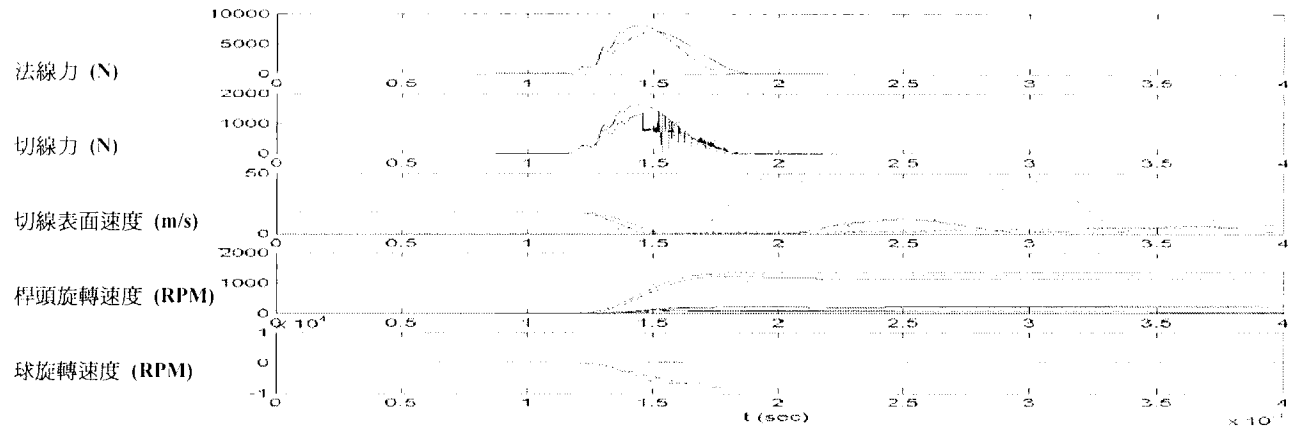


圖.12a
圖.12b
圖.12c
圖.12d
圖.12e

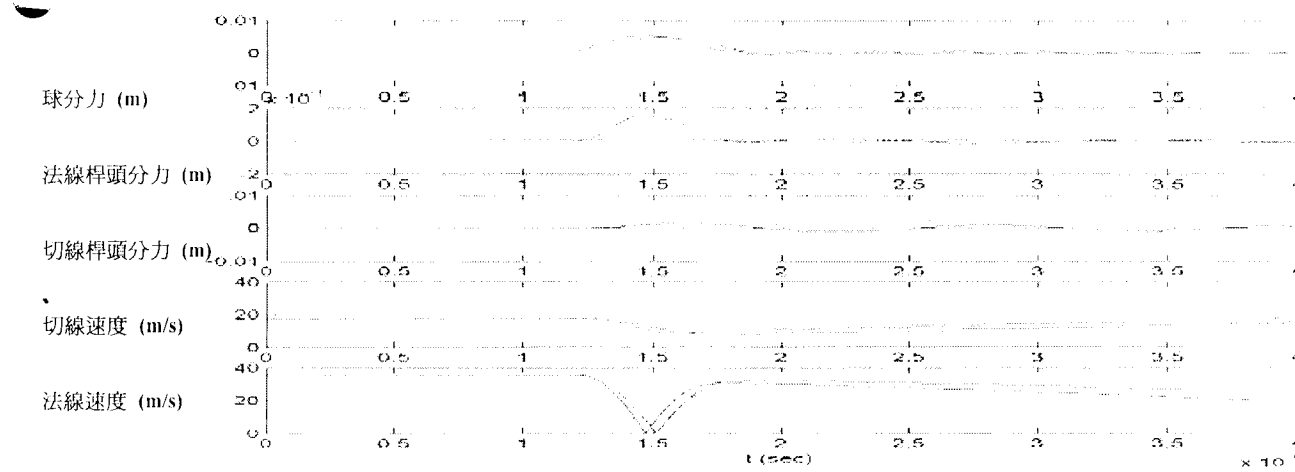


圖.13a
圖.13b
圖.13c
圖.13d
圖.13e

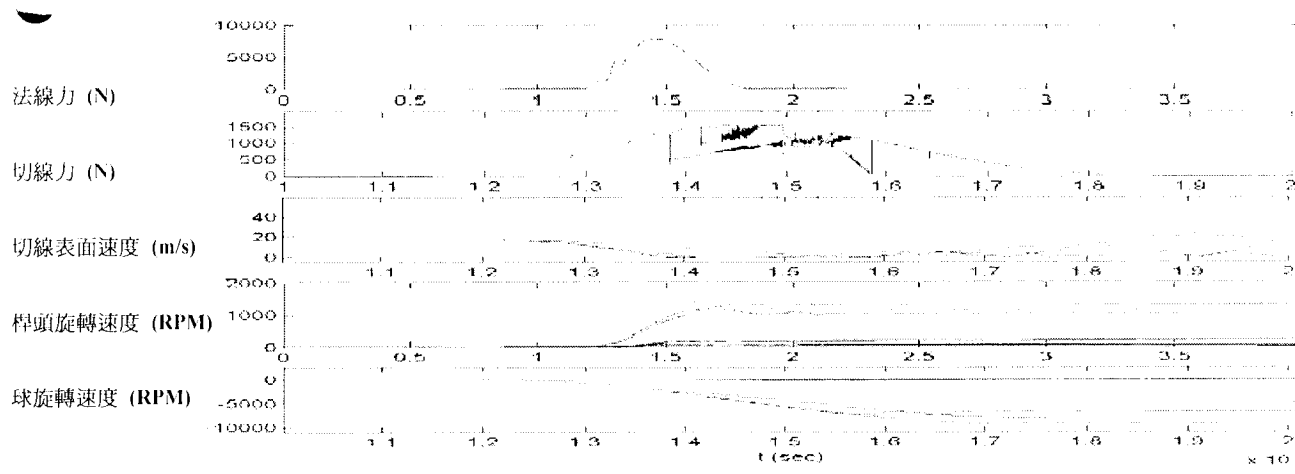


圖.14a
圖.14b
圖.14c
圖.14d
圖.14e

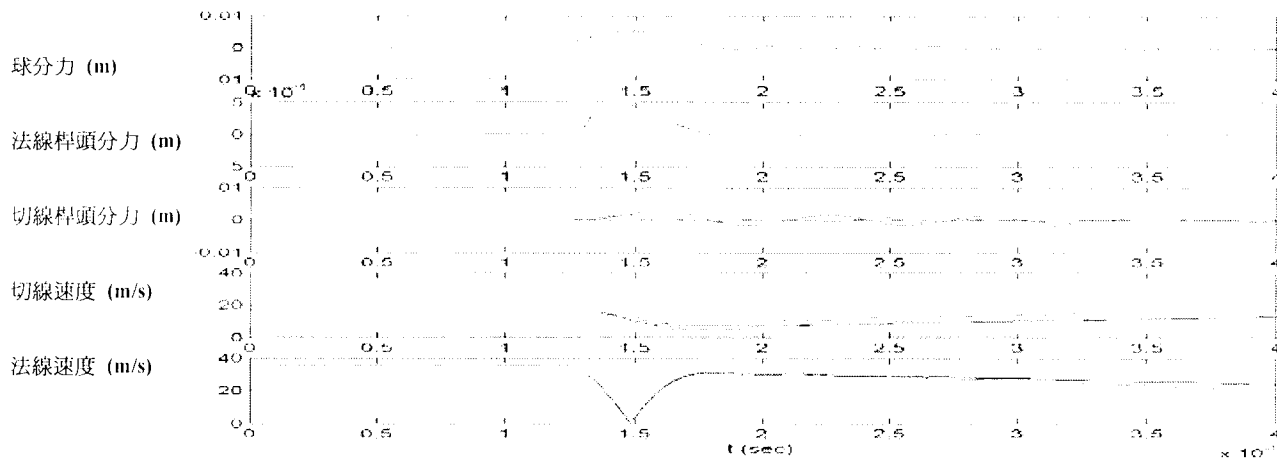


圖.15a

圖.15b

圖.15c

圖.15d

圖.15e

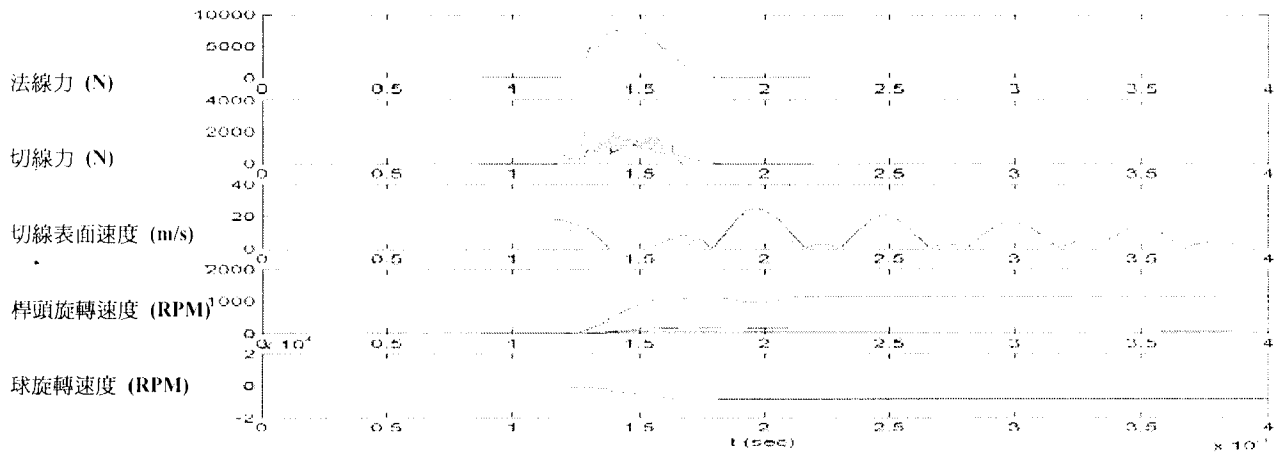


圖.16a

圖.16b

圖.16c

圖.16d

圖.16e

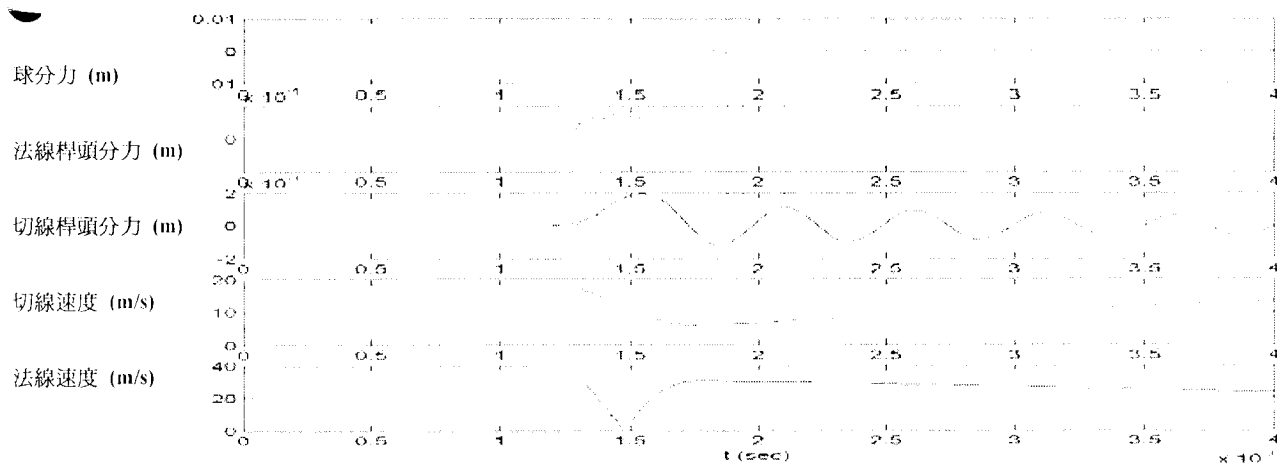


圖.17a

圖.17b

圖.17c

圖.17d

圖.17e

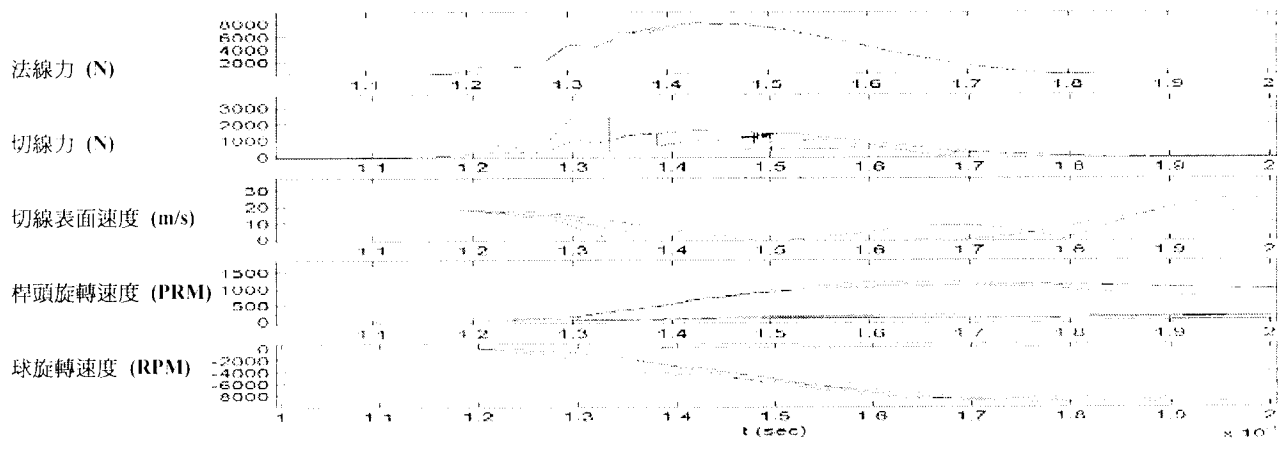


圖.18a

圖.18b

圖.18c

圖.18d

圖.18e

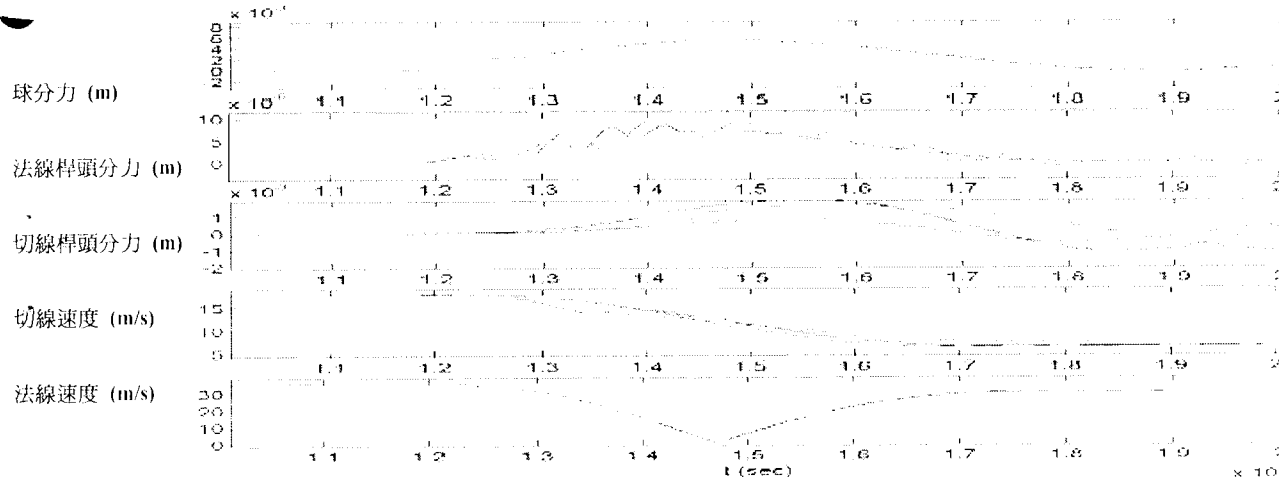


圖.19a

圖.19b

圖.19c

圖.19d

圖.19e

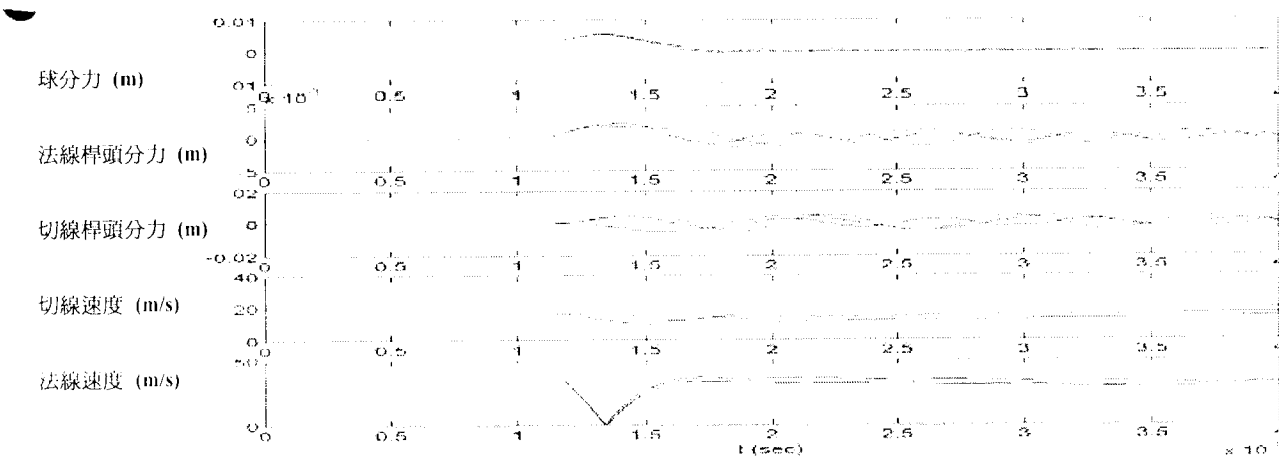


圖.20a

圖.20b

圖.20c

圖.20d

圖.20e

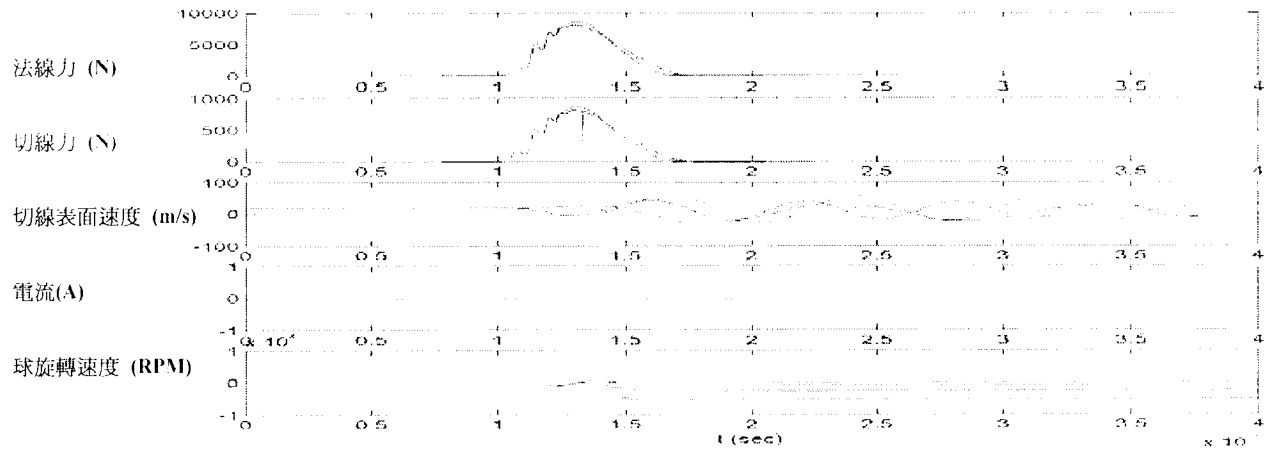


圖.21a

圖.21b

圖.21c

圖.21d

圖.21e

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(一)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

11 球

12 擊球面

13 背襯結構

14 可撓擊球面支撐

15 因撞擊所產生的擊球面運動

16 球的旋轉及速度合力

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

發明專利說明書

公告本

'99. 7. 20.

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：095107814

A63B 53/04

※申請日期：95. 3. 8

※IPC分類：

一、發明名稱：高爾夫球桿頭/

A Golf Club Head

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：美國前端股份有限公司/HEAD USA, INC.

代表人：傑森厚羅第凱/Jason Horodezky

住居所或營業所地址：

美國康乃狄克州 06855 諾沃區萬西勒克街濱海豪宅/

Shore Point, One Selleck Street, Norwalk, Connecticut 06855, USA

國籍：美國

三、發明人：(共 2 人)

姓名：1. 內比哈庫/Nesbitt W. Hagood

2. 傑森厚羅第凱/Jasson Horodezky

國籍：1. 美國 USA

2. 加拿大 CA

五、中文發明摘要：

本案為一種高爾夫球桿頭(如 1 號木桿、鐵桿、或推桿的桿頭)包括一個本體及一個以機械方式安裝在上面的擊球面，其中的擊球面與本體之間可以透過彈性方面的調適在撞擊時創造有利的擊球面運動及變形。經過調適的球桿頭的順服程度顯示出可以影響撞擊特性並據此改變球各種運動參數的，例如因球桿的擊球面與高爾夫球之間的撞擊運動所產生的速度、方向、旋轉速度。同時題出多個具體事例來說明透過在撞擊負荷下擊球面與本體的彈性及動態反應的設計來控制球的旋轉。

六、英文發明摘要：

A golf club head (such as on a driver, iron, or putter) has a body and a face mechanically supported thereon, wherein the face and body are elastically tailored to create beneficial face motion and deformation at impact. The tailored clubhead compliance is shown to influence impact properties and resulting ball parameters such as speed, direction and spin rates resulting from the impact event between the face of the club and the golf ball. Several embodiments are presented for controlling ball spin through design of the elastic and dynamic response of the face and body under impact loading.

十、申請專利範圍：

1. 一種高爾夫球桿頭，係由一用來擊球的擊球面以及一個有頂、底、趾、踵、及背部表面的本體所構成；該高爾夫球桿頭包括：

至少一個屈曲模組，介於前述的擊球面與前述本體的背部表面之間，在前述的桿頭與高爾夫球的撞擊中，用來控制前述的擊球面相對於前述本體的切線運動；

其中，該摺曲樑有一個擊球面嵌件固定在一個第一延伸屈曲樑上，以及至少一個背襯結構嵌件固定在一個第二延伸屈曲樑上，用來提供擊球面相對於固定背襯結構的切線彈性移動。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的高爾夫球桿頭，其中該桿頭是一個高爾夫球鐵桿桿頭。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述的高爾夫球桿頭，其中進一步包括，一個平面的背襯結構，位於前述的擊球面後，並大致平行於前述擊球面。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述的高爾夫球桿頭，其中至少一個的屈曲模組包括一個摺曲樑，摺曲樑有一個擊球面嵌件固定在一個延伸屈曲樑上，用來提供擊球面的切線彈性移動。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述的高爾夫球桿頭，其中該桿頭包括

多數前述屈曲模組，介於前述的擊球面與前述本體的背部表面之間，在前述桿頭與一個高爾夫球的撞擊中，用來控制前述擊球面相對於前述本體的切線運動。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述的高爾夫球桿頭，其中每個前述的屈曲模組都包括有一個摺曲樑，摺曲樑有一個擊球面嵌件固定在一個延伸屈曲樑上，用來提供擊球面的切線彈性移動。

7. 如申請專利範圍第 5 項所述的高爾夫球桿頭，其中每個前述的屈曲模組都包括有一個摺曲樑，摺曲樑有一個擊球面嵌件固定在一個第一延伸屈曲樑上，以及至少一個額外的嵌件固定在一個第二延伸屈曲樑上及前述本體上，用來提供擊球面相對於前述本體的切線彈性移動。

8. 如申請專利範圍第 5 項所述的高爾夫球桿頭，其中進一步包括有一個平面的背襯結構位於前述的擊球面後，並且大致平行於前述擊球面且固定在前述本體上。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述的高爾夫球桿頭，其中每個前述的屈曲模組都包括有一個摺曲樑，摺曲樑有一個擊球面嵌件及一個背襯結構嵌件，以允許控制前述擊球面相對於前述背襯結構的切

線彈性移動。