



(21) 申請案號：111131161

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 08 月 18 日

(51) Int. Cl. : **B23F23/12 (2006.01)****G05B19/18 (2006.01)**

(30) 優先權：2021/09/10 瑞士

070259/2021

(71) 申請人：瑞士商瑞絲浩爾公司 (瑞士) REISHAUER AG (CH)

瑞士

(72) 發明人：森海賽爾 埃爾溫 SENNHAUSER, ERWIN (CH)；馬克思 哈特曼特 MARX, HARTMUT (DE)；巴赫爾 法蘭茲 BACHL, FRANZ (DE)；溫克勒 羅倫茲 WINKLER, LORENZ (CH)

(74) 代理人：閻啓泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：29 項 圖式數：5 共 32 頁

(54) 名稱

具有用於校準嚙合感測器之校準裝置的工具機

(57) 摘要

本發明提供一種用於加工預齒工件之工具機，其具有一工件載體 (20)、具有一工件主軸外殼 (211) 及可圍繞一工件主軸軸線 (A) 旋轉之一工件主軸軸件 (212) 之一工件主軸 (21)。此外，該工具機具有：一嚙合感測器 (1)，其經設計以判定圍繞該工件主軸軸線 (A) 旋轉之一工件 (23) 之齒狀物之一相位位置；一校準件 (10)，其相對於該工件主軸 (21) 位於一界定校準點 (C_M) 處；及一感測器控制器，其經設計以執行以下程序：將該嚙合感測器 (1) 相對於該工件主軸 (21) 移動至一校準位置中，其中該嚙合感測器 (1) 位於該校準件 (10) 處；藉由相對於該校準件 (10) 移動該嚙合感測器 (1) 且同時接收該嚙合感測器 (1) 之感測器校準信號的該感測器控制器 (3) 來判定該嚙合感測器 (1) 之一回應行為；及將該嚙合感測器 (1) 移動至一工件量測位置 (P_W) 中，其中該嚙合感測器 (1) 位於該工件處，該工件量測位置取決於該所判定的回應行為。

A machine tool for machining pre-toothed workpieces has a workpiece carrier (20), a workpiece spindle (21) with a workpiece spindle housing (211) and a workpiece spindle shaft (212) rotatable about a workpiece spindle axis (A). Further, the machine tool has a meshing sensor (1) which is designed to determine a phase position of teeth of a workpiece (23) rotating about the workpiece spindle axis (A), a calibration piece (10) which is located at a defined calibration point (C_M) relative to the workpiece spindle (21), and a sensor controller which is designed to perform the following procedure: Moving the meshing sensor (1) relative to the workpiece spindle (21) into a calibration position in which the meshing sensor (1) is located at the calibration piece (10); determining a response behavior of the meshing sensor (1) by the sensor controller (3) moving the meshing sensor (1) relative to the calibration piece (10) and meanwhile receiving sensor calibration signals of the meshing sensor (1), and moving the meshing sensor (1) into a workpiece measuring position (P_W) in which the meshing sensor (1) is located at the workpiece, the workpiece measuring position depending on the determined response behavior.

指定代表圖：

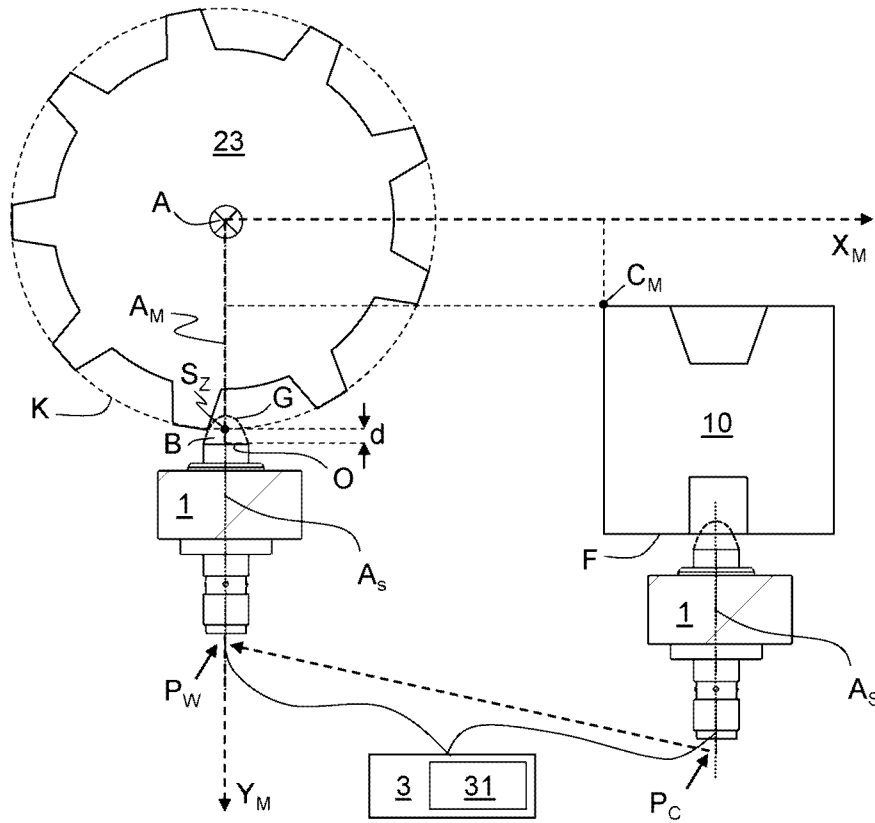


圖4a

符號簡單說明：

1: 嚙合感測器

3: 感測器控制器

10: 校準件

23: 預齒工件

31: 記憶體

A: 工件主軸軸線

A_M: 量測軸線

A_S: 假想感測器軸線

B: 切換區

C_M: 校準點

d: 量測距離

F: 端面

G: 切換介面

K: 頂圓

O: 嚙合感測器表面

P_C: 校準位置

P_W: 量測位置

S_Z: 理論中心點

X_M: 方向

Y_M: 方向

【發明摘要】

【中文發明名稱】 具有用於校準嚙合感測器之校準裝置的工具機

【英文發明名稱】 MACHINE TOOL WITH CALIBRATION DEVICE FOR
CALIBRATING A MESHING SENSOR

【中文】

本發明提供一種用於加工預齒工件之工具機，其具有一工件載體（20）、具有一工件主軸外殼（211）及可圍繞一工件主軸軸線（A）旋轉之一工件主軸軸件（212）之一工件主軸（21）。此外，該工具機具有：一嚙合感測器（1），其經設計以判定圍繞該工件主軸軸線（A）旋轉之一工件（23）之齒狀物之一相位位置；一校準件（10），其相對於該工件主軸（21）位於一界定校準點（C_M）處；及一感測器控制器，其經設計以執行以下程序：將該嚙合感測器（1）相對於該工件主軸（21）移動至一校準位置中，其中該嚙合感測器（1）位於該校準件（10）處；藉由相對於該校準件（10）移動該嚙合感測器（1）且同時接收該嚙合感測器（1）之感測器校準信號的該感測器控制器（3）來判定該嚙合感測器（1）之一回應行為；及將該嚙合感測器（1）移動至一工件量測位置（P_w）中，其中該嚙合感測器（1）位於該工件處，該工件量測位置取決於該所判定的回應行為。

【英文】

A machine tool for machining pre-toothed workpieces has a workpiece carrier (20), a workpiece spindle (21) with a workpiece spindle housing (211) and a workpiece spindle shaft (212) rotatable about a workpiece spindle axis (A). Further, the machine tool has a meshing sensor (1) which is designed to determine a phase position of teeth of a workpiece (23) rotating about the workpiece spindle axis (A), a calibration piece

(10) which is located at a defined calibration point (C_M) relative to the workpiece spindle (21), and a sensor controller which is designed to perform the following procedure: Moving the meshing sensor (1) relative to the workpiece spindle (21) into a calibration position in which the meshing sensor (1) is located at the calibration piece (10); determining a response behavior of the meshing sensor (1) by the sensor controller (3) moving the meshing sensor (1) relative to the calibration piece (10) and meanwhile receiving sensor calibration signals of the meshing sensor (1), and moving the meshing sensor (1) into a workpiece measuring position (P_W) in which the meshing sensor (1) is located at the workpiece, the workpiece measuring position depending on the determined response behavior.

【指定代表圖】 圖4a

【代表圖之符號簡單說明】

1:嚙合感測器

3:感測器控制器

10:校準件

23:預齒工件

31:記憶體

A:工件主軸軸線

A_M :量測軸線

A_S :假想感測器軸線

B:切換區

C_M :校準點

d:量測距離

F:端面

G:切換介面

K:頂圓

O:嚙合感測器表面

P_C:校準位置

P_W:量測位置

S_Z:理論中心點

X_M:方向

Y_M:方向

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 具有用於校準嚙合感測器之校準裝置的工具機

【英文發明名稱】 MACHINE TOOL WITH CALIBRATION DEVICE FOR
CALIBRATING A MESHING SENSOR

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種用於加工預齒工件之工具機，其具有經組態以校準工具機之嚙合感測器的校準裝置。

【先前技術】

【0002】 當精密加工預齒工件（pre-toothed workpieces）時，工具及待加工之工件必須在各加工操作開始之前以工具可在無碰撞的情況下進入工件之齒狀物間隙的方式彼此對準。此程序在此項技術中稱為「嚙合」（meshing）。

【0003】 尤其需要此類嚙合以用於連續操作滾動加工製程（rolling machining processes）。在此類製程中，使待加工工件與蝸桿形工具接合，且與工具滾動耦接地加工。在現代的數值控制（NC控制）齒輪切割機器中，出於此目的，在NC控制、旋轉驅動工件主軸上夾持工件。在同樣NC控制、可旋轉驅動之工具主軸上夾持工具。工具主軸與工件主軸之間的滾動耦接接著由NC控制以電子方式建立。對於除滾動加工（例如，輪廓研磨）以外之製程，亦需要對待加工之工件的齒狀物間隙之位置之精確瞭解。

【0004】 通常，非接觸式嚙合感測器用於嚙合，該等非接觸式嚙合感測器在電感或電容基礎上工作且在工件旋轉時判定齒狀物側面之位置。基於此類非接觸式量測以電子方式判定滾動耦接角度。

【0005】 舉例而言，自DE 36 15 365 C1已知此類非接觸式嚙合方法。在此

方法中，將待加工之工件設定為旋轉狀態，且判定當工件之齒狀物移動經過固定嚙合感測器時產生之信號之相位位置。將此相位位置與在用已知位向之齒輪之參考量測中判定的相位位置進行比較。根據此等相位位置之間的差來設定工件與工具之間的滾動耦接角度。

【0006】 亦可基於工件旋轉過程中所有齒狀物之信號之相位位置實施其他檢查。舉例而言，可針對預加工誤差及同心度偏差進行檢查，且齒狀物間隙寬度可用於估計現有研磨容差。

【0007】 藉由嚙合感測器判定之相位位置通常取決於嚙合感測器相對於工件之位置。舉例而言，若嚙合感測器相對於齒輪之位置在參考量測與待加工工件上之量測之間相對於齒輪之旋轉軸線在切線方向上改變，則所判定的相位位置不再對應於齒狀物之實際位置。此導致在後續加工期間，自右側齒狀物側面移除之材料比所需材料更多，且自左側齒狀物側面移除之材料比所需材料更少，或反之亦然。在極端情況下，材料根本不自齒狀物側面中之一些移除。在螺旋齒輪之情況下，所判定之相位位置亦取決於沿齒輪的旋轉軸線之嚙合感測器之軸向位置。關於嚙合感測器相對於旋轉軸線之徑向位置的偏差可導致齒狀物間隙寬度或現有研磨容差過度或低估。

【0008】 為了嚙合感測器恰當地運行，因此嚙合感測器相對於工件主軸之空間位置在量測之間始終相同係重要的。然而，此並不總是易於確保。舉例而言，嚙合感測器之位置可歸因於熱膨脹而在齒輪切割機器的操作期間改變。若歸因於機器設計，嚙合不緊鄰機器上之工件主軸安裝，則尤其如此。當嚙合感測器相對於工件主軸可移動時，嚙合感測器之可再現定位變得特別具有挑戰性。舉例而言，嚙合感測器可位於機器之工具載體上，且可與工具一起相對於工件主軸移動。因此希望能夠判定嚙合感測器相對於工件主軸之準確空間位置，以便能夠可再現地相對於工件主軸定位嚙合感測器。

【0009】 另外，嚙合感測器通常必須替換以例如必須替換有缺陷的嚙合感測器。然而，嚙合感測器不總是具有完全相同的回應行為。舉例而言，若嚙合感測器為具有切換區之嚙合感測器，其中切換區內材料之存在藉由自嚙合感測器輸出之輸出信號之變化來指示，則切換區相對於嚙合感測器表面之準確形狀及位置可在嚙合感測器之間變化。因此需要能夠判定嚙合感測器之回應行為以便校準嚙合感測器且因此在相對於工件主軸定位嚙合感測器時考慮回應行為。

【0010】 在DE102019104812A1中，觸覺感測器或非接觸式量測元件用於判定對齒狀物或輪廓側面之有效研磨容差。另外，提議使用輸出切換信號之電感嚙合感測器以便結合具有觸覺感測器或非接觸式量測元件之嚙合感測器實現另一最佳化製程序列。觸覺感測器或非接觸式量測元件之定位較佳地經由研磨機之線性軸線實施。文件揭示在藉助於已知幾何形狀之參考本體（例如，已知直徑之球）校準觸覺感測器之後，觸覺感測器可藉助於線性軸線特定地移動至所需位置。觸覺感測器或非接觸式量測元件之量測值由機器控制器記錄且以本身已知之方式進行處理，以便相對於齒連接或輪廓描繪發現工件相對於研磨工具之最佳中心位置。然而，在此文件中未提及電感、切換嚙合感測器之校準。

【發明內容】

【0011】 因此，本發明之目標為提供一種用於加工具有校準裝置之預齒工件的工具機，該校準裝置適合於校準用於工具機中之嚙合感測器之空間位置。

【0012】 此目標係藉由一種具有技術方案1之特徵之工具機來解決。其他具體實例在附屬申請專利範圍中給出。

【0013】 因此，提供一種用於加工預齒工件之工具機。此包含：

一工件載體；

一工件主軸，其配置於該工件載體上且界定一工件主軸軸線，該工件主軸具

有一工件主軸外殼及可在該工件主軸外殼中圍繞該工件主軸軸線旋轉之一工件主軸軸件，該工具主軸軸件用於以旋轉方式驅動待加工之一預齒工件；及

一嚙合感測器，其經組態以在該工件圍繞該工件主軸軸線旋轉時偵測該工件之齒狀物之一相位位置。

【0014】 該工具機進一步包含位於相對於該工件主軸之一經界定校準點處的一校準件，及經組態以執行以下方法之一感測器控制器：

將該嚙合感測器相對於該工件主軸移動至一校準位置，其中該嚙合感測器位於該校準件處；

藉由使該感測器控制器相對於該校準件移動該嚙合感測器同時接收來自該嚙合感測器之感測器校準信號來判定該嚙合感測器之一回應行為，及

將該嚙合感測器移動至一工件量測位置，其中該嚙合感測器位於該工件處，其中該工件量測位置取決於該所判定之回應行為。

【0015】 相對於該校準件移動該嚙合感測器可包括相對於該工件主軸之一軸向方向上及/或在一徑向方向上及/或在一切線方向上的移動。

【0016】 取決於工具機中之配置，校準件可具有不同形狀及結構。本發明之校準件的所有具體實例具有其能夠判定感測器之回應行為的共同點。若在用於校準之方法期間例如在相對於工件主軸之切線或軸向或徑向方向上沿校準件移動嚙合感測器，則校準件較佳地具有沿該方向之至少一個結構，諸如可偵測為嚙合感測器之輸出信號之變化的邊緣或台階。

【0017】 為了最佳校準，在校準方法期間沿校準件在所有彼等方向上移動感測器，其中可移動嚙合感測器。

【0018】 可設想到用於將校準件配置於工具機中之若干可能性。較佳地，校準件以在無碰撞之情況下（即使已經在工具機中夾持加工工具）可將嚙合感測器自校準位置移動至工件量測位置（且反之亦然）之方式配置於工具機中。

【0019】 舉例而言，校準件可配置於工件載體上。工件載體可為一可移動滑件，工件軸位於該可移動滑件上。校準件可接著與工件載體一起移動且始終相對於工件載體位於經界定位置中。較佳地，校準件以其不妨礙視情況用於夾持加工工具及/或工件之夾持器臂的方式配置。

【0020】 詳言之，校準件可配置於工件主軸之固定部分上，尤其配置於工件主軸外殼上。

【0021】 然而，替代地，校準件亦可配置於工件主軸之可旋轉部分上。

【0022】 藉由將校準件配置於工件主軸之固定或可旋轉部分上，優勢為校準件定位接近於待加工之工件，此降低任何校準不準確性。

【0023】 工具主軸可具有用於在工件主軸軸件上夾持工件的夾持構件。在此類情況下，校準件可配置於夾持構件上。校準件可以其可以可拆卸方式緊固至夾持構件之方式設計。

【0024】 校準件可以其可藉由自動工件裝載裝置附接至夾持裝置且自該夾持裝置移除之方式進一步組態。

【0025】 特別適合於緊固至夾持構件的較佳地為具有帶有至少一個齒狀物結構，例如校準齒狀物或校準齒狀物間隙之外部輪廓的圓盤狀校準件。舉例而言，校準件可為可在工件主軸上夾持之參考工件。校準件亦可為待加工之工件或新加工之工件。

【0026】 在工件主軸上夾持校準件之配置使工件量測位置與校準位置之間的距離最小化，此意謂嚙合感測器僅必須移動短距離以用於校準，從而允許使用精確定位機構。另一方面，校準件必須在加工工件之前插入至夾持構件中且在嚙合感測器之校準之後再次移除，此比用永久地安裝（例如在工具載體上或工具主軸之固定部分上）之校準件的校準更耗時。另外，可能有必要在可校準嚙合感測器之前首先判定圍繞工件主軸軸線之校準件之角度位置。若校準件為待加工

之工件，則消除插入及移除單獨校準件所需之額外時間，但即使在此類情況下，至少通常必須使用額外量測來首先判定工件之角度位置。

【0027】 為了判定校準件之位置及/或對其進行量測，工具機可具有觸覺感測器。該觸覺感測器可詳言之經組態以判定例如工件之圓盤狀校準件之至少一個齒狀物結構之位置。

【0028】 舉例而言，校準件可具有實質上立方形基體。

【0029】 校準件之基體可具有第一溝槽，該第一溝槽具有較佳矩形或梯形橫截面。此意謂校準件具有在不同空間方向上延伸之不同邊緣，此非常適合於出於判定回應行為之目的用嚙合感測器對校準件進行非接觸式掃描。

【0030】 較佳地，校準件以校準件之基體中之第一溝槽垂直於工件主軸軸線行進的方式配置於工具機中。

【0031】 校準件之基體亦可具有第二溝槽，該第二溝槽具有較佳矩形或梯形橫截面，該第二溝槽以特定而言垂直於第一溝槽之角度行進且通向第一溝槽。此第二溝槽形成模擬工件上之齒狀物間隙之形狀的壓痕，且因此為用於校準嚙合感測器之特別合適的形狀。

【0032】 若校準件具有如上文所描述之第二溝槽，經由該第二溝槽形成類齒狀物間隙壓痕，則以校準件之基體中的第二溝槽平行於工件主軸軸線行進之方式在工具機中配置校準件係有利的，藉此校準件之類齒狀物間隙壓痕在工具機的座標系統中具有與直齒狀物工件之齒狀物間隙類似的位向。

【0033】 校準件可具有自工件主軸之一部分之表面徑向延伸的立方形突出部，其中立方形突出部側接兩個位向區域 (**orientation areas**)，且其中側接位向區域相對於切線方向配置於突出部之兩側上。基於此類校準件中之立方形突出部較佳地判定嚙合感測器之回應。位向區域可用於相對於工具機中之參考區域將工件主軸對準，以便獲得校準件之界定位向。

【0034】 替代地，校準件可具有圓柱形基體，該圓柱形基體具有較佳地垂直於工件主軸軸線行進之圓柱軸線。若螺旋齒狀物工件在工具機中加工，則具有此類圓柱形基體之校準件為尤其有利的，因為在此類情況下，嚙合感測器可在正交於螺旋齒狀物工件之齒狀物側面的方向上相對於校準件移動以便判定回應行為。

【0035】 作為另一替代方案，校準件亦可具有球面基體或圓頂狀基體。球面或圓頂狀基體可特別適合於模擬待加工之工件之壓力角度及螺旋角度。

【0036】 工具機可具有工具載體，該工具載體上配置有工具主軸以用於以旋轉方式驅動加工工具，其中嚙合感測器配置於工具載體上。

【0037】 感測器控制器可為機器控制之整體部分。其可經組態以藉由工具載體相對於工件主軸之移動而引起嚙合感測器相對於工件主軸之移動。

【0038】 工具機可進一步包含用於定位嚙合感測器之感測器定位裝置，該感測器定位裝置配置於工具載體上且可與工具載體一起相對於工件主軸移動，其中感測器定位裝置經組態以相對於工具載體移動嚙合感測器，且其中感測器控制器經組態以藉由工具載體相對於工件主軸之移動及/或藉由感測器定位裝置相對於工具載體之移動來影響嚙合感測器相對於工件主軸之移動。

【0039】 感測器定位裝置亦可具有感測器定位臂，該感測器定位臂相對於工具載體為可移動的，詳言之為可線性移位的。

【0040】 另外，感測器定位裝置可包括用於接收感測器載體之感測器固持器，其中感測器載體包括終止元件，其中嚙合感測器包括嚙合感測器表面，且其中嚙合感測器安裝於感測器載體中使得嚙合感測器表面與終止元件相隔界定距離。

【0041】 此類感測器載體形成與感測器固持器之均勻介面以用於不同大小之嚙合感測器。若需要替換嚙合感測器，則可將其與感測器載體一起自感測器

固持器移除。接著將新的嚙合感測器以其嚙合感測器表面亦與終止元件相隔相同界定距離之方式安裝於感測器載體中，可在感測器載體重新安裝於感測器固持器中之前藉由合適的量測裝置對此進行檢查。

【0042】 嚙合感測器較佳地為非接觸式電感或電容感測器。然而，亦可設想基於光學量測原理之嚙合感測器。若使用電感感測器，則校準件較佳地由導電材料組成，詳言之鋼或鋁，及/或具有導電表面。另一方面，若使用電容感測器，則校準件較佳地由介電材料組成及/或具有由介電材料製成之表面。

【0043】 嚙合感測器可經組態以輸出切換信號，其中嚙合感測器具有感測器特定切換區，且其中感測器特定切換區界定假想感測器軸線。若材料進入切換區，則切換信號改變。切換信號可為類比的或數位的。特定言之，切換信號可為指示材料是否存在於切換區內的二元切換信號：若是，則二元切換信號假定第一值，較佳地為邏輯一，若否，則二元切換信號假定第二值，較佳地為邏輯零。

【0044】 校準件之校準點在工件載體之座標系統中較佳地為已知的。感測器控制器較佳地經組態以藉由判定校準件上之嚙合感測器之回應行為來判定假想感測器軸線的位置。

【0045】 在第一步驟中，可藉由在法線方向上朝向校準件之端面移動嚙合感測器來判定嚙合感測器之切換區之峰值切換點，該端面較佳地平行於工件主軸軸線配置。若已知工件載體之座標系統中的嚙合感測器之理論位置，例如因為其已由機器中之幾何形狀量測來判定且儲存於感測器控制器中，則亦可省略峰值切換點之判定，因為嚙合感測器之已知理論位置允許後者直接移動至預界定校準位置。然而，嚙合感測器亦可位於偏離理論位置之瞬時位置中；舉例而言，若機器處於與判定理論位置期間不同的溫度狀態。同樣地，若存在嚙合感測器之安裝誤差，則嚙合感測器之瞬時位置可偏離理論位置。此類安裝誤差可藉由判定工件載體之座標系統中之峰值切換點來偵測。

【0046】 若已知峰值切換點(藉由明確判定或根據感測器控制器中之沈積物)，則嚙合感測器可以嚙合感測器之嚙合感測器表面與校準件之端面徑向間隔開第一量測距離之方式定位。較佳地，此第一量測距離對應於預界定量測距離，當嚙合感測器位於工件量測位置中時，該預界定量測距離應亦出現於嚙合感測器表面與工件之頂圓之間。現在，嚙合感測器可相對於校準件軸向地及/或沿切線方向移動以在無接觸的情況下掃描校準件。同時，嚙合感測器較佳地輸出感測器校準信號，根據該等感測器校準信號可判定位於定界切換區之切換介面上的側面切換點。根據此等側面切換點，接著可判定中心點，可經由該中心點置放假想感測器軸線，藉此假想感測器軸線較佳地垂直於工件主軸軸線且經由中心點正交於校準件之面而置放。

【0047】 替代地，亦可在另一量測距離處判定側面切換點，藉此可判定其他中心點，經由該等中心點可佈置另一假想感測器軸線。亦可設想到，在多於兩個量測距離處判定側面切換點，使得可如此虛擬地重建構整個切換介面。

【0048】 感測器控制器較佳地進一步經組態以根據校準件之已知校準點、預界定量測軸線及經判定假想感測器軸線以經判定假想感測器軸線與預界定量測軸線重合之方式來計算工件量測位置，其中當嚙合感測器位於所計算工件量測位置中時，經判定中心點中之一者較佳地位於量測軸線與工件之頂圓的交叉點上。

【0049】 所判定假想感測器軸線將位於量測軸線上之事實確保隨後量測於工件上之相位位置理想地僅取決於待加工之工件之屬性，且不由嚙合感測器之假想感測器軸線相對於量測軸線之非所需之偏移來偽造。

【0050】 校準件之校準點及預界定量測軸線可儲存於感測器控制器之記憶體中，此允許自動地實施該方法。

【0051】 工件載體之座標系統可為具有X、Y及Z方向之笛卡爾(Cartesian)

座標系統。替代地，工件載體之座標系統可為球面或圓柱座標系統，或能夠明確地表示空間中之點之位置的另一座標系統。

【圖式簡單說明】

【0052】 參考圖式在下文中描述本發明之較佳具體實例，該等圖式出於說明本發明之較佳具體實例的目的而非出於限制本發明之較佳具體實例的目的。在圖式中，

[圖1a]、[圖1b] 以透視圖展示根據本發明之用於加工預齒工件之工具機之具體實例；

[圖2a]至[圖2d] 以透視圖展示根據本發明之校準件之五個不同具體實例；

[圖2e] 以透視圖展示根據本發明之具有校準件之第六具體實例的工具機；

[圖2f] 展示圖2e之校準件之第六具體實例的放大透視圖；

[圖2g] 展示根據本發明之具有校準件之第七具體實例之工具機之側視圖；

[圖2h] 以放大側視圖展示圖2g之校準件之第七具體實例；

[圖3a]、[圖3b] 展示根據本發明之工具機中之校準件的較佳配置；

[圖3c] 展示用於固持嚙合感測器之感測器固持器；

[圖4a]至[圖4d] 以示意性（未按比例）方式展示根據本發明之用於校準嚙合感測器之方法；

[圖5] 展示說明根據本發明之一個具體實例之方法的流程圖。

【實施方式】

【0053】 圖1a及圖1b展示用於加工預齒工件之工具機2之具體實例的透視圖，其中圖1b展示圖1a中成框之截面E之放大。特定言之，此處所展示之具體實例為用於滾動加工具有溝槽狀輪廓之旋轉部分之工具機。此類工具機描述於文

件WO2021008915A1中，該文件之揭示內容以全文引用之方式併入本文中。工具機2具有：工件載體20；工件主軸21，其配置於工件載體20上且界定工件主軸軸線A，該工件主軸21具有工件主軸外殼211及可在工件主軸外殼211中圍繞工件主軸軸線A旋轉之工件主軸軸件212，該工件主軸軸件用於以旋轉方式驅動待加工之預齒工件；及夾持構件22，該夾持構件22經組態以接收待加工之工件。參考工件載體20具有 X_M 方向、 Y_M 方向及 Z_M 方向之笛卡爾座標系統 K_M 繪製於圖1b中，此處作為在工件主軸軸線A上具有原點之實例。在此處所展示之具體實例實例中，工件載體20為可在 Y_M 方向上移動之工件滑件。此處所展示之工具機2亦具有感測器定位裝置25，該感測器定位裝置配置於工具載體24上，其中用於以旋轉方式驅動加工工具之工具主軸241配置於工具載體24上。感測器定位裝置25可與工具載體24一起在 X_M 方向上及在 Z_M 方向上移動，且具有感測器定位臂251，該感測器定位臂可在 Y_M/Z_M 平面中線性移位且其中配置嚙合感測器1。此處，嚙合感測器1反平行於 Y_M 方向而對準。在圖1a及圖1b中，出於說明之目的，將校準件10之不同具體實例配置於同一工具機2中。然而，實際上，若工具機僅具有校準件10之此等具體實例中之一者，則其通常係足夠的。如自圖1b可見，各種具體實例以嚙合感測器1可藉助於感測器定位裝置25沿校準件10移動以便判定其回應行為之方式配置於工具機中，藉此嚙合感測器在此處移動1期間始終保持反向平行於 Y_M 方向對準。此外，為了達成校準件10相對於嚙合感測器1在 Y_M 方向上之移動，亦可在此處所展示之工具機2中移動工件載體20。亦展示配置於工具載體24上之掃描構件30，其可用於判定工具機2之座標系統 K_M 中的校準件10之校準點 C_M 。

【0054】 圖2a至圖2d展示圖1a及圖1b中所展示之校準件10之放大版本。

【0055】 在圖2a中展示之圖1b之影像截面 D_1 中，可見校準件10之兩個具體實例。兩個具體實例配置於工件主軸外殼211上。在前平面中之影像細節中所展示之第一具體實例具有立方形基體，其中基體具有帶有矩形橫截面之第一溝槽

11，其中第一溝槽11在 X_M 方向上延伸。影像細節中展示於後平面中之第二具體實例自工件主軸外殼211之傾斜表面突出，且亦具有在 X_M 方向上延伸之具有矩形橫截面的第一溝槽11。如圖1b中可見，此等具體實例兩者均配置於工件主軸外殼上以使得溝槽11相對於工件主軸21在切線方向上延伸。為了判定嚙合感測器1之回應行為，具有溝槽11之校準件10的一側上之嚙合感測器1可沿溝槽11在切線方向上及/或在 Z_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21之軸向方向）及/或在 Y_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21的徑向方向）移動。

【0056】 在圖2b中展示之圖1b之影像截面 D_2 中，可見校準件10之第三具體實例，該校準件配置於工件載體20上。圖2b中展示之第三具體實例具有立方形基體，該基體具有帶有矩形截面之第一溝槽11。校準件10之此第三具體實例之基體進一步包含第二溝槽12，該第二溝槽12垂直於第一溝槽11延伸且通向第一溝槽11，該第二溝槽12具有梯形橫截面。在與具有溝槽11之側相對的校準件10之一側上，校準件10具有平行於溝槽11行進之另一溝槽11'。具有矩形橫截面之另一溝槽12'垂直於溝槽11'行進，該溝槽12'通向溝槽11'。如自圖1b可見，校準件10之此第三具體實例以第二溝槽12平行於工件主軸軸線A行進之方式配置於工件滑件上，因此模擬待加工之工件中的齒狀物間隙之形狀及位向。為判定嚙合感測器1之回應行為，嚙合感測器1可在具有溝槽11及12之校準件10的一側上沿溝槽11在切線方向上及/或在 Z_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21之軸向方向）及/或在 Y_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21的徑向方向）移動。如圖1b中所指示，校準件之此具體實例亦可附接至旋轉 180° 之工件載體（20），藉此在校準方法期間，具有矩形橫截面之溝槽12'接著朝向嚙合感測器1定向。

【0057】 在圖2c中展示之圖1b之影像截面 D_3 中，可見校準件10之第四具體實例，該校準件10以可拆卸方式配置於夾持構件22中。校準件10之此第四具體實例為圓盤狀的且具有帶有校準齒狀物13、13'之外部輪廓。在此具體實例中，兩

個校準齒狀物13、13'相對於彼此徑向地定位，第一校準齒狀物13具有矩形形狀，而第二校準齒狀物13具有梯形形狀。校準齒狀物13、13'在 Y_M 方向上對準。為判定嚙合感測器1之回應行為，其可在相對於工件主軸之切線方向（ X_M 方向）上移動，藉此與 Y_M 方向反平行對準之嚙合感測器1可在無接觸的情況下掃描兩個校準齒狀物中之一者（此處為具有矩形形狀之一者，13）。若掃描校準齒狀物13'（梯形形狀）為較佳的，則校準件可旋轉 180° 來配置。

【0058】 在圖2d中展示之圖1b之影像截面 D_4 中，可見校準件10之第五具體實例，該校準件10配置於夾持構件22上。校準件10之第五具體實例具有自夾持構件21之表面徑向延伸的立方形突出部14，該立方形突出部14側接突出至夾持構件之表面中的兩個位向區域15。在此處所展示之具體實例實例中， Y_M 方向上之突出點及側接位向區域15相對於切線方向以位向區域15位於 X_M/Z_M 平面中之方式配置於突出部14之兩側上。

【0059】 圖2e展示具有校準件之第六具體實例之工具機2的透視圖，該校準件配置於工件主軸外殼211上。如在圖2f中之影像截面 D_5 之放大中可見，校準件之此第六具體實例具有配置於立方形載體17上的圓柱形基體。圓柱形基體具有圓柱軸線16，該圓柱軸線16在此情況下平行於 Y_M 軸線行進。

【0060】 圖2g展示具有校準件之第七具體實例之工具機2的透視圖，該校準件配置於工件主軸外殼211上。如圖2h中之影像截面 D_6 之放大中可見，校準件之此第七具體實例具有配置於立方形載體17上之圓頂狀基體，該圓頂狀基體指向 Y_M 方向。

【0061】 圖3a及圖3b展示校準件10在工具機2中之較佳配置，該校準件對應於圖2a中之第一具體實例，其中圖3b展示圖3a中成框之截面F的放大。感測器定位臂251具有感測器固持器26，該感測器固持器形成用於感測器載體27之機械容器。如圖3c中可見，感測器載體27具有終止元件271，該終止元件充當用於將

感測器載體27安裝於感測器固持器26中之定位輔助件。嚙合感測器1具有嚙合感測器表面O且以嚙合感測器表面O與終止元件271相隔界定距離e之方式安裝於感測器載體27中。此類感測器載體27形成與感測器固持器26之均勻介面以用於不同大小之嚙合感測器1。若必須替換嚙合感測器1，則可將其與感測器載體27一起自感測器固持器26移除。接著將新的嚙合感測器以其嚙合感測器表面亦與終止元件271相隔相同界定距離e之方式安裝於感測器載體27中，可在感測器載體27重新安裝於感測器固持器26之前藉由合適的量測構件來對此進行檢查。如圖3a及圖3b中可見，儘管加工工具28配置於工具固持器24上，為了在無接觸的情況下沿方向 X_M 、 Y_M 及 Z_M 掃描校準件10，感測器固持器26中具有嚙合感測器1之感測器定位裝置25可在不與校準件10碰撞的情況下移動，其中嚙合感測器1反平行於 Y_M 方向對準。

【0062】 圖4a至圖4d以示意性（未按比例）方式說明根據本發明之用於校準輸出切換信號之非接觸式嚙合感測器1的方法。此具體實例中展示之嚙合感測器具有自嚙合感測器表面O延伸至此處展示為虛線之切換介面G的切換區B且界定假想感測器軸線 A_S 。若材料進入切換區B，則藉由嚙合感測器1輸出之切換信號改變。為了能夠可靠地判定具有頂圓K之預齒工件23之齒狀物的相位位置，以實現儘可能對稱的嚙合感測器1之回應行為的方式計算工件量測位置 P_w 。若假想感測器軸線 A_S 與預界定量測軸線 A_M （此處在 Z_M 方向上以預界定高度平行於 Y_M 方向）重合，且若嚙合感測器表面O與頂圓K間隔開預界定量測距離d以使得頂圓K與切換區B交叉（參見圖4a），則達成此對稱回應行為。

【0063】 根據本發明，基於校準件10判定嚙合感測器1之假想感測器軸線 A_S ，該校準件10具有已知幾何形狀且位於工件載體之座標系統 K_M 中之已知校準點 C_M 處。出於此目的，嚙合感測器1進入校準件附近。

【0064】 校準程序之可能步驟展示於圖4b至圖4d中：

在此實例中，切換區之峰值切換點S首先在第一步驟（圖4b）中藉由接近校準件10之端面F判定，該端面在此處位於 X_M - Z_M 平面中。若已知工件載體之座標系統 K_M 中的嚙合感測器1之理論位置，例如因為其已由機器中之幾何形狀量測來判定且儲存於感測器控制器中，則亦可省略峰值切換點S之判定，因為嚙合感測器1之已知理論位置允許後者直接移動至預界定校準位置 P_C 。然而，嚙合感測器亦可位於偏離理論位置之瞬時位置中；舉例而言，若機器處於與判定理論位置期間不同的溫度狀態。同樣地，若存在安裝誤差，則嚙合感測器之瞬時位置可偏離理論位置；舉例而言，若嚙合感測器表面O不具有距圖3c中所展示之終止元件之預期距離 e 時，或若感測器載體27之終止元件271尚未與感測器固持器26齊平安裝。藉由判定工件載體之座標系統 K_M 中之峰值切換點S，可偵測到此類安裝誤差。

【0065】 在第二步驟（圖4c及圖4d）中，嚙合感測器1理想地以嚙合感測器表面O與端面F間隔開預界定量測距離 d 之方式反平行於 Y_M 方向移動至更接近於校準件10，當嚙合感測器1（如圖4a中所展示）位於工件量測位置 P_W 中時，該預界定量測距離 d 應接著亦出現於嚙合感測器表面O與工件23之頂圓K之間。

【0066】 在第三步驟中，判定側面切換點，該等側面切換點在 X_M 及 Z_M 方向上位於嚙合感測器之切換區B之切換介面G上。在校準方法之簡單具體實例中，在 Y_M 方向上之單一量測距離 d 處執行此第三步驟，藉此在 X_M 方向上及在 Z_M 方向上各自較佳地判定兩個側面切換點。圖4c展示為嚙合感測器如何平行於 X_M 方向移動經過校準件之第一側面 k_1 以判定第一側面切換點 S_{F1} 之實例，而圖4d展示嚙合感測器如何反平行於 X_M 方向移動經過校準件之第二側面 k_2 以判定第二側面切換點 S_{F2} 。藉由沿 Z_M 方向移動嚙合感測器1，可以相同方式判定兩個其他側面切換點。經判定之側面切換點儲存於感測器控制器3之記憶體31中。接著可根據所儲存側面切換點判定切換區B之理論中心點 S_Z 。假想軸線 A_S 穿過此理論中心點 S_Z 置放，藉此此假想軸線 A_S 正交於 X_M - Z_M 平面。

【0067】 對於工件上之量測，以此假想感測器軸線 A_S 將位於所要量測軸線 A_M 上之方式及如圖4a中所展示理想地以中心點 S_z 將位於量測軸線 A_M 與頂圓 K 的交叉點之方式，嚙合感測器隨後進入至工件量測位置 P_w 中，因此實現儘可能對稱的嚙合感測器1的回應行為。

【0068】 圖5展示用於加工預齒工件之工具機2中之嚙合感測器1之校準方法之上述實例用於根據本發明之一個具體實例設計工具機之執行。首先，量測軸線 A_M 及量測距離 d 界定101於工具載體之座標系統 K_M 中，且判定102校準點 C_M ，校準件10配置於該校準點處。隨後，嚙合感測器1朝向校準件之端面 F 移動200，且判定201切換區 B 之峰值切換點 S 。接著，嚙合感測器1以嚙合感測器表面 O 與校準件10之端面間隔開量測距離 d 的方式定位202。現在，嚙合感測器1沿校準件10移動以在無接觸的情況下掃描該校準件203。同時，嚙合感測器1輸出切換信號，根據該等切換信號判定側面切換點204。接著根據此等側面切換點判定假想感測器軸線 A_S 205。在最後步驟206中，嚙合感測器1進入由感測器控制器3計算之工件量測位置 P_w 中，其中經判定假想感測器軸線 A_S 與量測軸線 A_M 重合。

【符號說明】

【0069】

- 1:嚙合感測器
- 2:工具機
- 3:感測器控制器
- 10:校準件
- 11:第一溝槽
- 11':第一溝槽
- 12:第二溝槽

- 12:第二溝槽
- 13:校準齒狀物
- 13':校準齒狀物
- 14:突出部
- 15:位向區域
- 16:圓柱軸線
- 17:立方形載體
- 20:工件載體
- 21:工件主軸
- 22:夾持構件
- 23:工件
- 24:工具載體
- 25:感測器定位裝置
- 26:感測器固持器
- 27:感測器載體
- 28:加工工具
- 30:掃描構件
- 31:記憶體
- 211:工件主軸外殼
- 212:工件主軸軸件
- 241:工具主軸
- 251:感測器定位臂
- 271:終止元件
- A:工件主軸軸線

A_M :量測軸線

A_S :假想感測器軸線

B:切換區

d:量測距離

F:端面

G:切換介面

k_1 :側面

k_2 :側面

O:嚙合感測器表面

S:峰值切換點

S_{F1} :側面切換點

S_{F2} :側面切換點

S_Z :中心點

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種工具機，其用於加工預齒工件，該工具機包含：

一工件載體（20）；

一工件主軸（21），其配置於該工件載體（20）上且界定一工件主軸軸線（A），該工件主軸（21）具有一工件主軸外殼（211）及可在該工件主軸外殼（211）中圍繞該工件主軸軸線（A）旋轉之一工件主軸軸件（212），該工件主軸軸件用於以旋轉方式驅動待加工之一預齒工件（23）；

一嚙合感測器（1），其經組態以在該工件（23）圍繞該工件主軸軸線（A）旋轉時偵測該工件（23）之齒狀物之一相位位置，

其特徵在於該工具機（2）進一步包含：

一校準件（10），其相對於該工件主軸（21）位於一界定校準點（ C_M ）處；

及

一感測器控制器（3），其經組態以實施以下方法：

將該嚙合感測器（1）相對於該工件主軸（21）移動至一校準位置（ P_C ），其中該嚙合感測器（1）位於該校準件（10）處；

藉由該感測器控制器（3）相對於該校準件（10）移動該嚙合感測器（1）同時接收該嚙合感測器（1）之感測器校準信號來判定該嚙合感測器（1）之一回應行為，及

將該嚙合感測器（1）移動至一工件量測位置（ P_W ），其中該嚙合感測器（1）位於該工件（23）處，其中該工件量測位置（ P_W ）取決於該所判定之回應行為。

【請求項2】如請求項1之工具機，其中相對於該校準件（10）移動該嚙合感測器（1）包括相對於該工件主軸（21）之在一軸向方向上及/或在一徑向方向上及/或在一切線方向上之移動。

【請求項3】如請求項1或2之工具機，其中該校準件（10）配置於該工件載

體(20)上。

【請求項4】如請求項1或2之工具機，其中該校準件(10)配置於該工件主軸(21)之一固定部分上，詳言之配置於該工件主軸外殼(211)上。

【請求項5】如請求項1或2之工具機，其中該校準件(10)配置於該工件主軸(21)之一可旋轉部分上。

【請求項6】如請求項1或2之工具機，

其中該工具主軸(21)具有用於將一工件(23)夾持在該工件主軸軸件(212)上之一夾持構件(22)，且其中該校準件(10)配置於該夾持構件(22)上。

【請求項7】如請求項6之工具機，其中該校準件(10)經組態以使得其可以可拆卸方式緊固至該夾持構件(22)。

【請求項8】如請求項7之工具機，其中該校準件(10)經組態以使得其可藉由一自動工件裝載裝置附接至該夾持構件(22)且可自該夾持構件(22)移除。

【請求項9】如請求項1至8中任一項之工具機，其中該校準件(10)具有一實質上立方形基體。

【請求項10】如請求項9之工具機，其中該校準件之該基體具有一第一溝槽(11)，該第一溝槽具有較佳矩形或梯形橫截面。

【請求項11】如請求項10之工具機，其中該校準件(10)配置於該工具機中，使得該校準件(10)之該基體中的該第一溝槽(11)垂直於該工件主軸軸線(A)行進。

【請求項12】如請求項10或11之工具機，其中該校準件之該基體具有一第二溝槽(12)，該第二溝槽具有較佳矩形或梯形橫截面，該第二溝槽以一角度行進，較佳地垂直行進，至該第一溝槽(11)且通向該第一溝槽(11)。

【請求項13】如請求項1至6中任一項之工具機，其中該校準件(10)具有自該工件主軸(21)之一部分之一表面徑向延伸的一立方形突出部(14)，

其中該立方形突出部（14）側接兩個位向區域（15），且其中該等側接位向區域（15）相對於一切線方向配置於該突出部（14）之兩側上。

【請求項14】如請求項1至8中任一項之工具機，其中該校準件（10）具有一圓柱形基體。

【請求項15】如請求項1至8中任一項之工具機，其中該校準件（10）具有一球面基體或一圓頂狀基體。

【請求項16】如請求項1至8中任一項之工具機，其中該校準件（10）為圓盤狀且具有一外部輪廓，其帶有至少一個齒狀物結構，詳言之—校準齒狀物（13）。

【請求項17】如請求項16之工具機，其中該校準件（10）為待加工之一工件。

【請求項18】如請求項1至17中任一項之工具機，其中該工具機（2）包含一觸覺感測器（30），

其中該觸覺感測器（30）經調適以量測該校準件（10）以獲得一界定校準點（ C_M ）。

【請求項19】如請求項1至18中任一項之工具機，其中該工具機具有一工具載體（24），該工具載體上配置有用於以旋轉方式驅動一加工工具（27）之一工具主軸（241），且其中該嚙合感測器（1）配置於該工具載體（24）上。

【請求項20】如請求項1至19中任一項之工具機，其中該感測器控制器（3）經組態以藉由該工具載體（24）相對於該工件主軸（21）之移動而引起該嚙合感測器（1）相對於該工件主軸（21）之該移動。

【請求項21】如請求項1至20中任一項之工具機，其中該工具機（2）包含用於定位該嚙合感測器（1）之一感測器定位裝置（25），該嚙合感測器配置於該工具載體（24）上且可相對於該工件主軸（21）與該工具載體（24）一起移動，其中該感測器定位裝置（25）經組態以相對於該工具載體（24）移動該嚙合感測器（1），且其中該感測器控制器（3）經組態以藉由該工具載體（24）相對於該工

件主軸(21)之移動及/或藉由該感測器定位裝置(25)相對於該工具載體(24)之移動而影響該嚙合感測器(1)相對於該工件主軸(21)之該移動。

【請求項22】如請求項21之工具機，其中該感測器定位裝置(25)包含一感測器定位臂(251)，該感測器定位臂相對於該工具載體(24)為可移動的，詳言之為可線性移位的。

【請求項23】如請求項21或22之工具機，

其中該感測器定位裝置(25)包含用於接收一感測器載體(27)之一感測器固持器(26)，

其中該感測器載體(27)包含一終止元件(271)，

其中該嚙合感測器(1)具有一嚙合感測器表面(O)，且其中該嚙合感測器(1)安裝於該感測器載體(27)中，使得該嚙合感測器表面(O)位於距該終止元件(271)之一界定距離(e)處。

【請求項24】如請求項1至23中任一項之工具機，

其中該嚙合感測器(1)為一電感嚙合感測器，且

其中該校準件(10)由一導電材料組成，詳言之鋼或鑄鋼或鋁，及/或具有一導電表面。

【請求項25】如請求項1至23中任一項之工具機，

其中該嚙合感測器(1)為一電容嚙合感測器，且

其中該校準件(10)由一介電材料組成及/或具有由一介電材料製成之一表面。

【請求項26】如請求項1至25中任一項之工具機，

其中該嚙合感測器(1)經組態以輸出一切換信號，

其中該嚙合感測器(1)具有一感測器特定切換區(B)，且

其中該感測器特定切換區(B)界定一假想感測器軸線(A_s)。

【請求項27】如請求項26之工具機，

其中在該工件載體（2）之一座標系統（ K_M ）中已知該校準件（10）之該校準點（ C_M ），

其中該感測器控制器（3）經組態以藉由判定該校準件（10）上之該嚙合感測器（1）之該回應行為來判定該假想感測器軸線（ A_S ），

其中該感測器控制器（3）進一步經組態以按以下方式自該校準件（10）之該已知校準點（ C_M ）、一預界定量測軸線（ A_M ）及該經判定假想感測器軸線（ A_S ）計算該工件量測位置（ P_W ）：當該嚙合感測器（1）位於該所計算工件量測位置（ P_W ）中時，該經判定假想感測器軸線（ A_S ）與該預界定量測軸線（ A_M ）重合。

【請求項28】如請求項26或27之工具機，

其中用於判定該嚙合感測器（1）之該回應行為之該感測器控制器（3）經組態以藉由在法線方向上朝向該校準件（10）之一端面（F）移動該嚙合感測器（1）來判定該切換區（B）在該工件載體（2）之一座標系統（ K_M ）中之一峰值切換點（S）。

【請求項29】如請求項27或28之工具機，其中該校準件（10）之該校準點（ C_M ）及該預界定量測軸線（ A_M ）儲存於該感測器控制器（3）之一記憶體（31）中且自動地實施該方法。

(發明圖式)

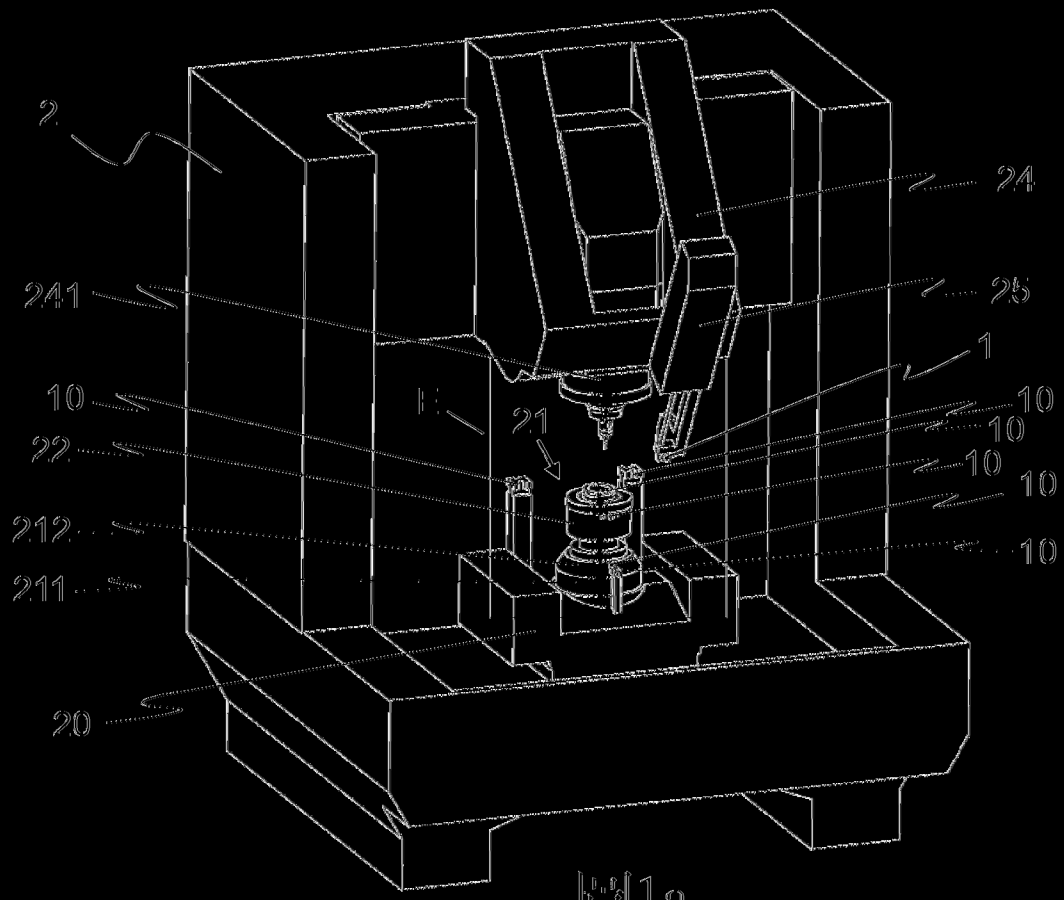


圖1a

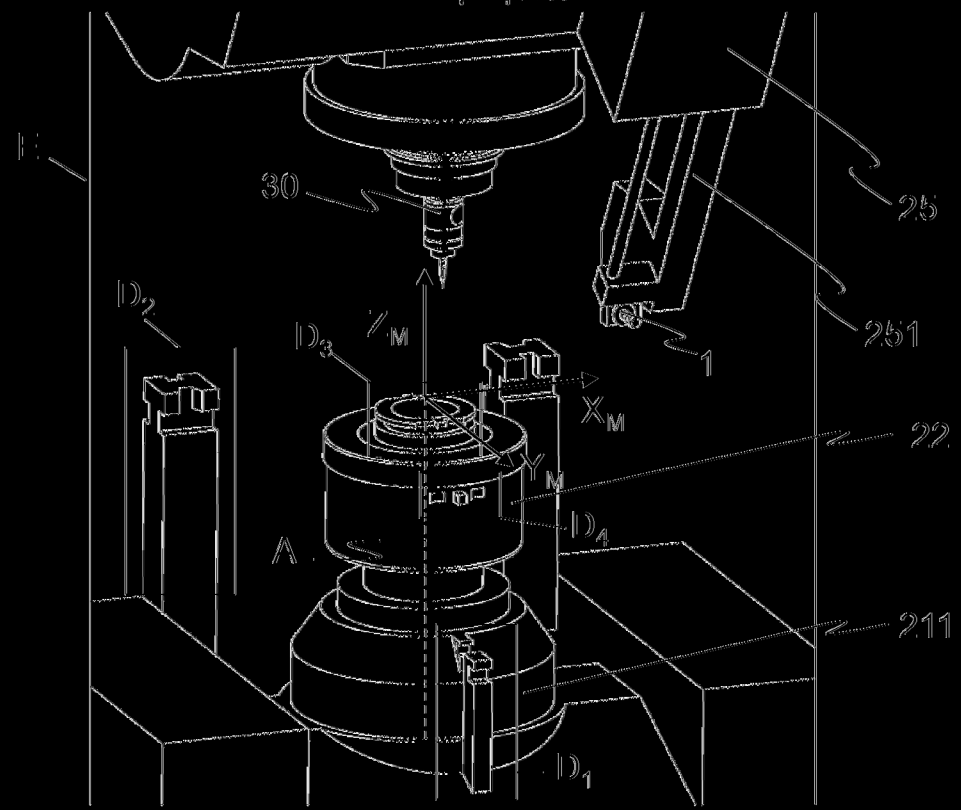
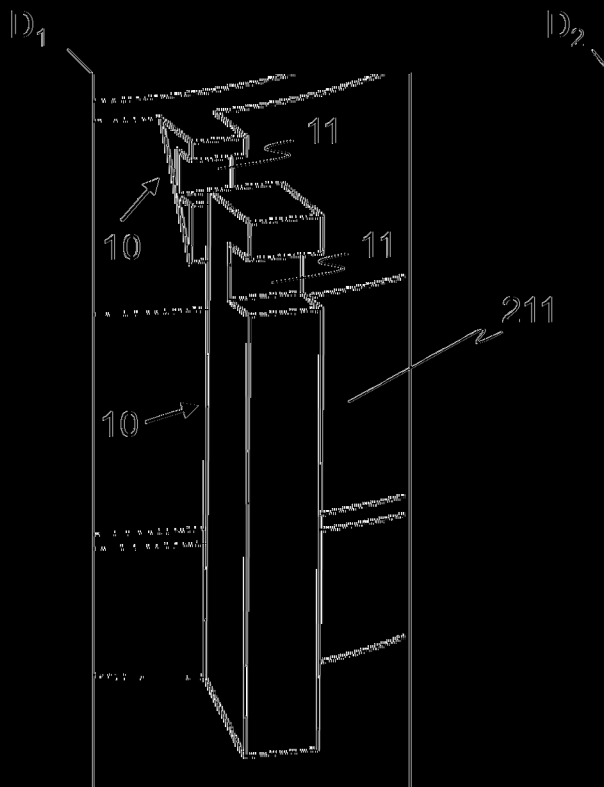
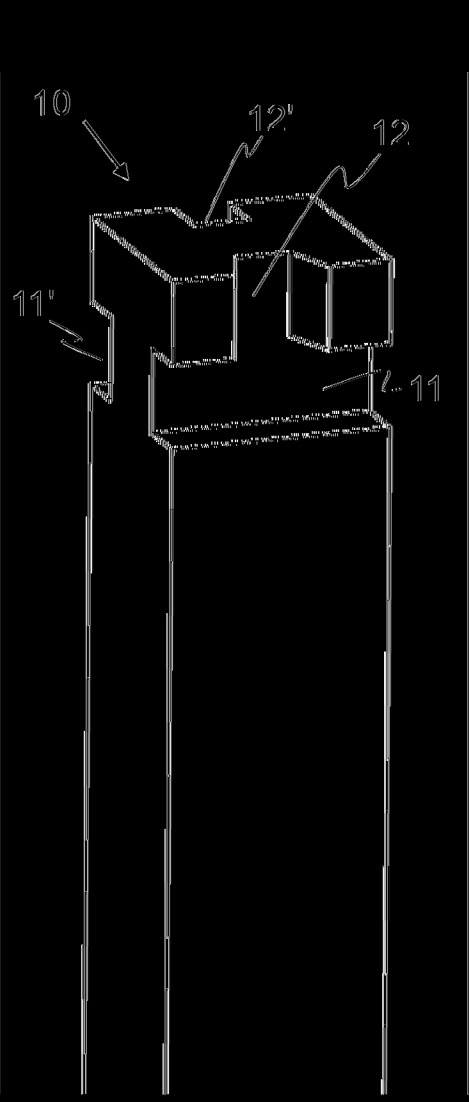


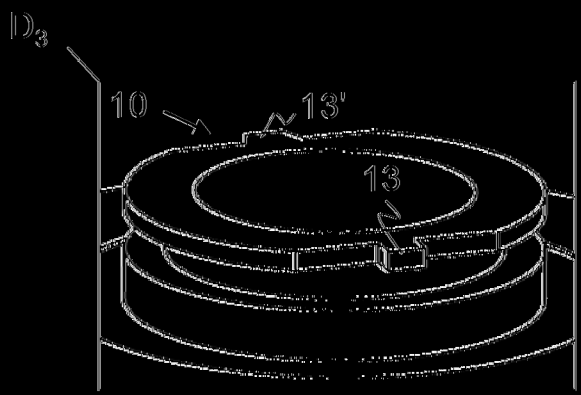
圖1b



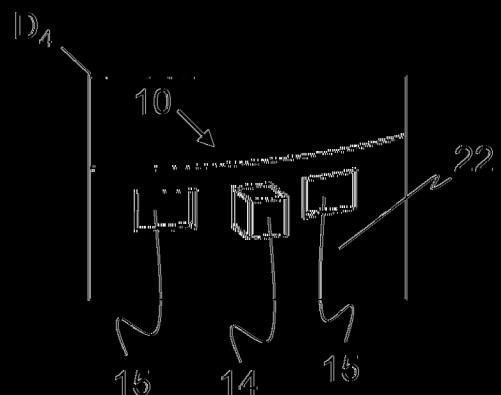
2a



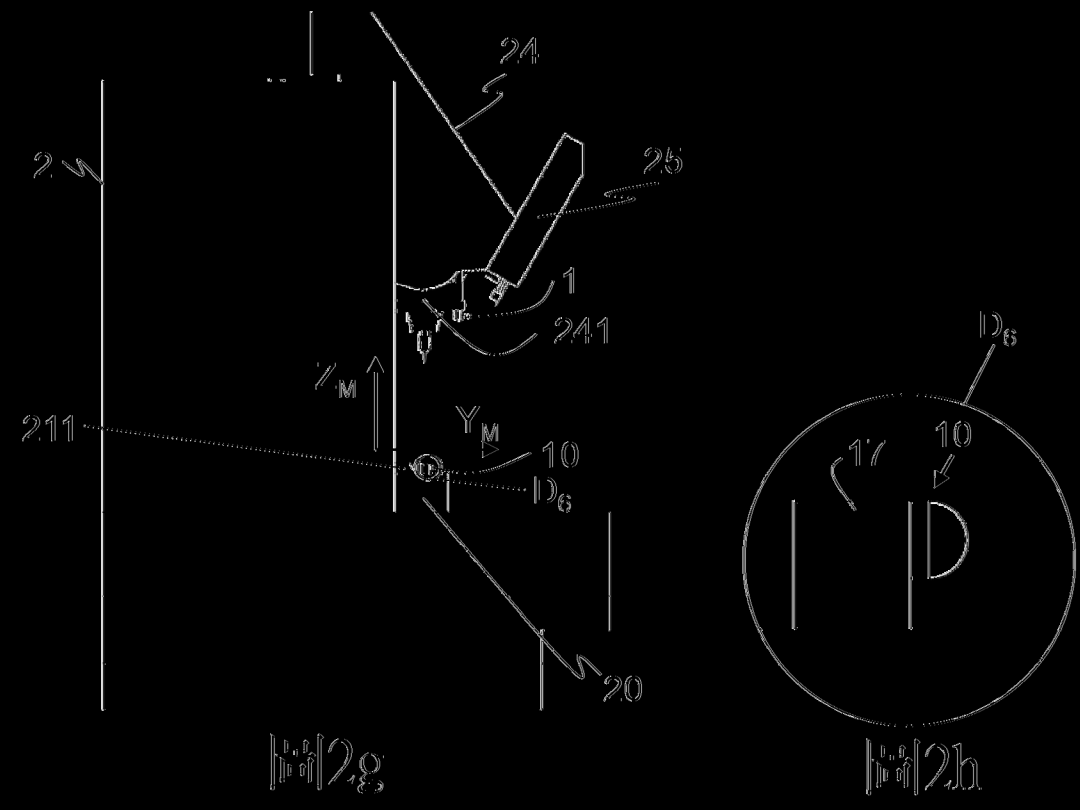
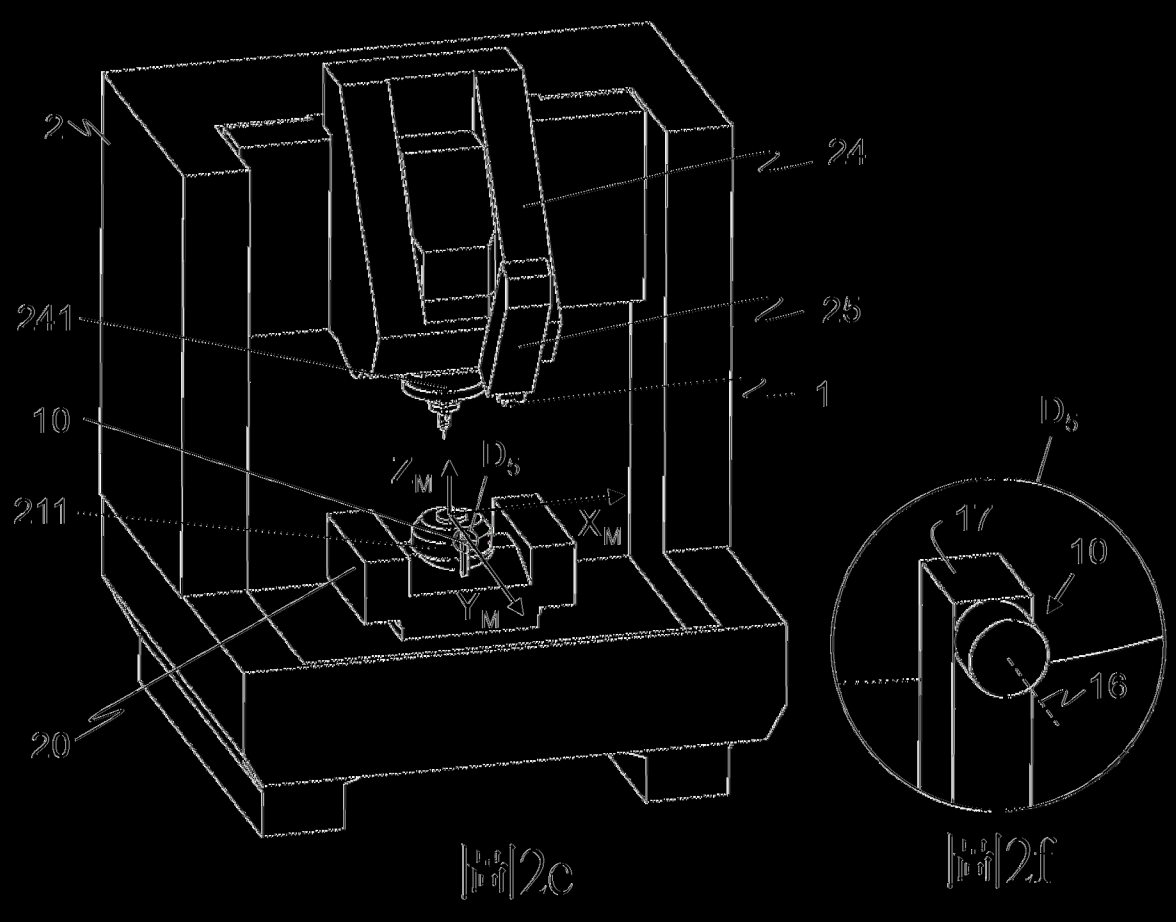
2b

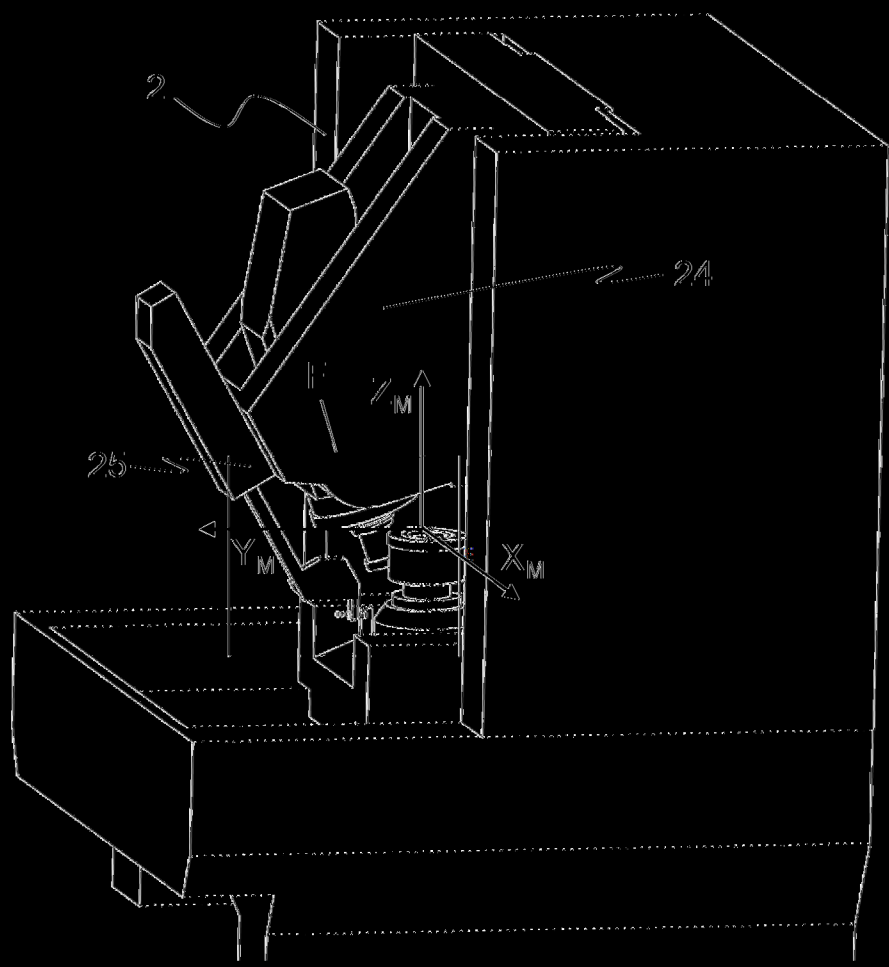


2c

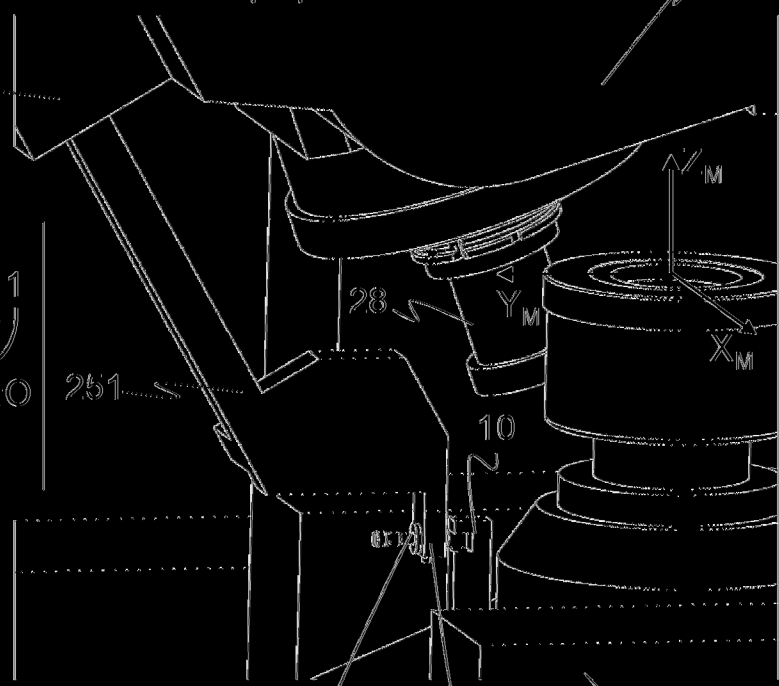


2d

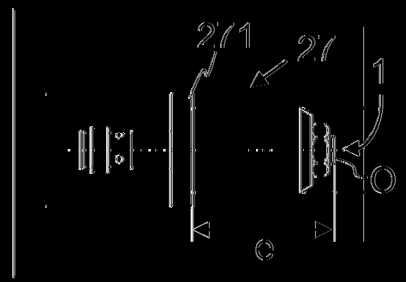




3a



3b



3c

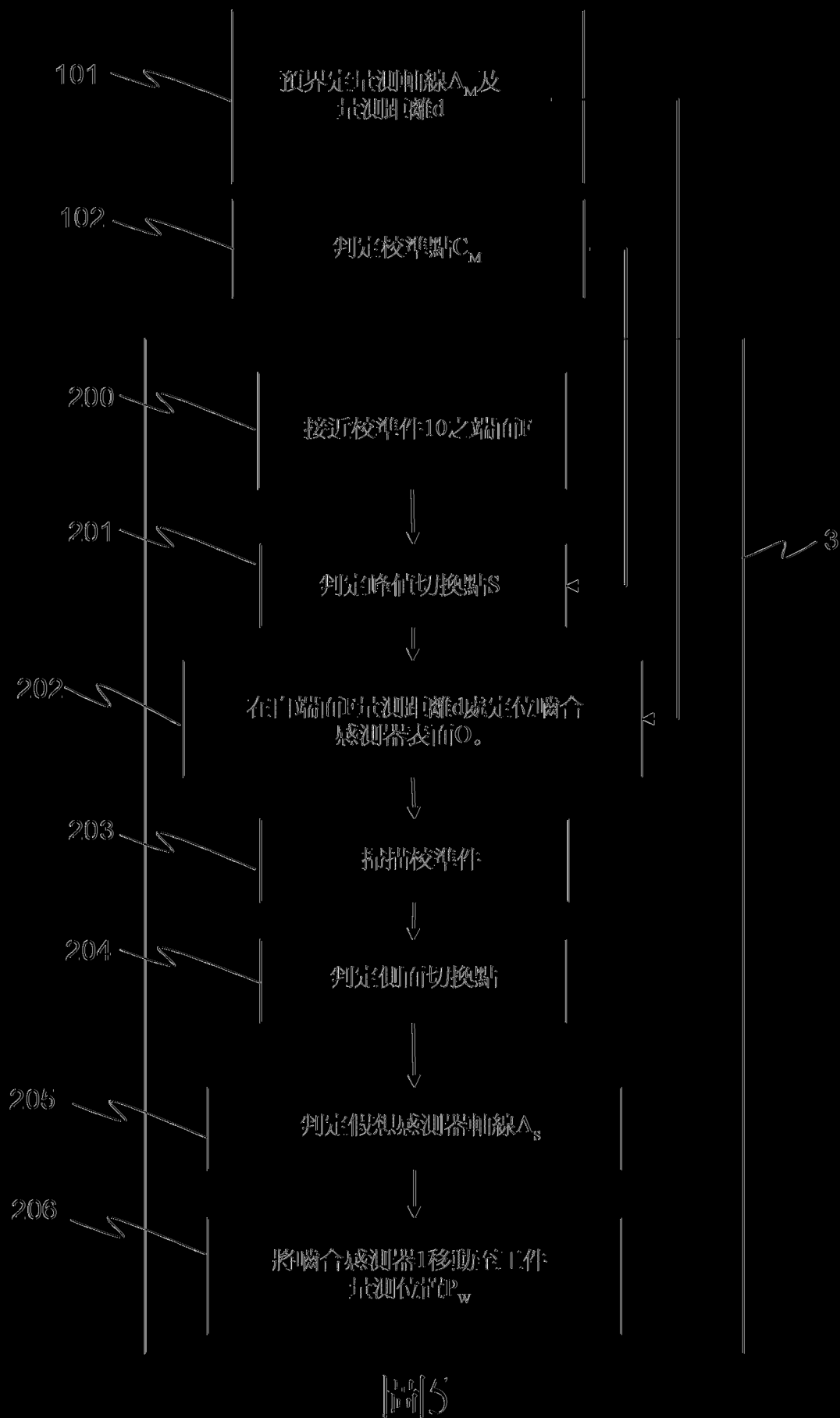


Fig 5



【發明摘要】

【中文發明名稱】 具有用於校準嚙合感測器之校準裝置的工具機

【英文發明名稱】 MACHINE TOOL WITH CALIBRATION DEVICE FOR CALIBRATING A MESHING SENSOR

【中文】

本發明提供一種用於加工預齒工件之工具機，其具有一工件載體（20）、具有一工件主軸外殼（211）及可圍繞一工件主軸軸線（A）旋轉之一工件主軸軸件（212）之一工件主軸（21）。此外，該工具機具有：一嚙合感測器（1），其經設計以判定圍繞該工件主軸軸線（A）旋轉之一工件（23）之齒狀物之一相位位置；一校準件（10），其相對於該工件主軸（21）位於一界定校準點（ C_M ）處；及一感測器控制器，其經設計以執行以下程序：將該嚙合感測器（1）相對於該工件主軸（21）移動至一校準位置中，其中該嚙合感測器（1）位於該校準件（10）處；藉由相對於該校準件（10）移動該嚙合感測器（1）且同時接收該嚙合感測器（1）之感測器校準信號的該感測器控制器（3）來判定該嚙合感測器（1）之一回應行為；及將該嚙合感測器（1）移動至一工件量測位置（ P_w ）中，其中該嚙合感測器（1）位於該工件處，該工件量測位置取決於該所判定的回應行為。

【英文】

A machine tool for machining pre-toothed workpieces has a workpiece carrier (20), a workpiece spindle (21) with a workpiece spindle housing (211) and a workpiece spindle shaft (212) rotatable about a workpiece spindle axis (A). Further, the machine tool has a meshing sensor (1) which is designed to determine a phase position of teeth of a workpiece (23) rotating about the workpiece spindle axis (A), a calibration piece

(10) which is located at a defined calibration point (C_M) relative to the workpiece spindle (21), and a sensor controller which is designed to perform the following procedure: Moving the meshing sensor (1) relative to the workpiece spindle (21) into a calibration position in which the meshing sensor (1) is located at the calibration piece (10); determining a response behavior of the meshing sensor (1) by the sensor controller (3) moving the meshing sensor (1) relative to the calibration piece (10) and meanwhile receiving sensor calibration signals of the meshing sensor (1), and moving the meshing sensor (1) into a workpiece measuring position (P_W) in which the meshing sensor (1) is located at the workpiece, the workpiece measuring position depending on the determined response behavior.

【指定代表圖】 圖4a

【代表圖之符號簡單說明】

1: 嚙合感測器

3: 感測器控制器

10: 校準件

23: 工件

31: 記憶體

A: 工件主軸軸線

A_M : 量測軸線

A_S : 假想感測器軸線

B: 切換區

C_M : 校準點

d: 量測距離

F:端面

G:切換介面

K:頂圓

O:嚙合感測器表面

P_C:校準位置

P_W:工件量測位置

S_Z:中心點

X_M:方向

Y_M:方向

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 具有用於校準嚙合感測器之校準裝置的工具機

【英文發明名稱】 MACHINE TOOL WITH CALIBRATION DEVICE FOR
CALIBRATING A MESHING SENSOR

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種用於加工預齒工件之工具機，其具有經組態以校準工具機之嚙合感測器的校準裝置。

【先前技術】

【0002】 當精密加工預齒工件（pre-toothed workpieces）時，工具及待加工之工件必須在各加工操作開始之前以工具可在無碰撞的情況下進入工件之齒狀物間隙的方式彼此對準。此程序在此項技術中稱為「嚙合」（meshing）。

【0003】 尤其需要此類嚙合以用於連續操作滾動加工製程（rolling machining processes）。在此類製程中，使待加工工件與蝸桿形工具接合，且與工具滾動耦接地加工。在現代的數值控制（NC控制）齒輪切割機器中，出於此目的，在NC控制、旋轉驅動工件主軸上夾持工件。在同樣NC控制、可旋轉驅動之工具主軸上夾持工具。工具主軸與工件主軸之間的滾動耦接接著由NC控制以電子方式建立。對於除滾動加工（例如，輪廓研磨）以外之製程，亦需要對待加工之工件的齒狀物間隙之位置之精確瞭解。

【0004】 通常，非接觸式嚙合感測器用於嚙合，該等非接觸式嚙合感測器在電感或電容基礎上工作且在工件旋轉時判定齒狀物側面之位置。基於此類非接觸式量測以電子方式判定滾動耦接角度。

【0005】 舉例而言，自DE 36 15 365 C1已知此類非接觸式嚙合方法。在此

方法中，將待加工之工件設定為旋轉狀態，且判定當工件之齒狀物移動經過固定嚙合感測器時產生之信號之相位位置。將此相位位置與在用已知位向之齒輪之參考量測中判定的相位位置進行比較。根據此等相位位置之間的差來設定工件與工具之間的滾動耦接角度。

【0006】 亦可基於工件旋轉過程中所有齒狀物之信號之相位位置實施其他檢查。舉例而言，可針對預加工誤差及同心度偏差進行檢查，且齒狀物間隙寬度可用於估計現有研磨容差。

【0007】 藉由嚙合感測器判定之相位位置通常取決於嚙合感測器相對於工件之位置。舉例而言，若嚙合感測器相對於齒輪之位置在參考量測與待加工工件上之量測之間相對於齒輪之旋轉軸線在切線方向上改變，則所判定的相位位置不再對應於齒狀物之實際位置。此導致在後續加工期間，自右側齒狀物側面移除之材料比所需材料更多，且自左側齒狀物側面移除之材料比所需材料更少，或反之亦然。在極端情況下，材料根本不自齒狀物側面中之一些移除。在螺旋齒輪之情況下，所判定之相位位置亦取決於沿齒輪的旋轉軸線之嚙合感測器之軸向位置。關於嚙合感測器相對於旋轉軸線之徑向位置的偏差可導致齒狀物間隙寬度或現有研磨容差過度或低估。

【0008】 為了嚙合感測器恰當地運行，因此嚙合感測器相對於工件主軸之空間位置在量測之間始終相同係重要的。然而，此並不總是易於確保。舉例而言，嚙合感測器之位置可歸因於熱膨脹而在齒輪切割機器的操作期間改變。若歸因於機器設計，嚙合不緊鄰機器上之工件主軸安裝，則尤其如此。當嚙合感測器相對於工件主軸可移動時，嚙合感測器之可再現定位變得特別具有挑戰性。舉例而言，嚙合感測器可位於機器之工具載體上，且可與工具一起相對於工件主軸移動。因此希望能夠判定嚙合感測器相對於工件主軸之準確空間位置，以便能夠可再現地相對於工件主軸定位嚙合感測器。

【0009】 另外，嚙合感測器通常必須替換以例如必須替換有缺陷的嚙合感測器。然而，嚙合感測器不總是具有完全相同的回應行為。舉例而言，若嚙合感測器為具有切換區之嚙合感測器，其中切換區內材料之存在藉由自嚙合感測器輸出之輸出信號之變化來指示，則切換區相對於嚙合感測器表面之準確形狀及位置可在嚙合感測器之間變化。因此需要能夠判定嚙合感測器之回應行為以便校準嚙合感測器且因此在相對於工件主軸定位嚙合感測器時考慮回應行為。

【0010】 在DE102019104812A1中，觸覺感測器或非接觸式量測元件用於判定對齒狀物或輪廓側面之有效研磨容差。另外，提議使用輸出切換信號之電感嚙合感測器以便結合具有觸覺感測器或非接觸式量測元件之嚙合感測器實現另一最佳化製程序列。觸覺感測器或非接觸式量測元件之定位較佳地經由研磨機之線性軸線實施。文件揭示在藉助於已知幾何形狀之參考本體（例如，已知直徑之球）校準觸覺感測器之後，觸覺感測器可藉助於線性軸線特定地移動至所需位置。觸覺感測器或非接觸式量測元件之量測值由機器控制器記錄且以本身已知之方式進行處理，以便相對於齒連接或輪廓描繪發現工件相對於研磨工具之最佳中心位置。然而，在此文件中未提及電感、切換嚙合感測器之校準。

【發明內容】

【0011】 因此，本發明之目標為提供一種用於加工具有校準裝置之預齒工件的工具機，該校準裝置適合於校準用於工具機中之嚙合感測器之空間位置。

【0012】 此目標係藉由一種具有技術方案1之特徵之工具機來解決。其他具體實例在附屬申請專利範圍中給出。

【0013】 因此，提供一種用於加工預齒工件之工具機。此包含：

一工件載體；

一工件主軸，其配置於該工件載體上且界定一工件主軸軸線，該工件主軸具

有一工件主軸外殼及可在該工件主軸外殼中圍繞該工件主軸軸線旋轉之一工件主軸軸件，該工具主軸軸件用於以旋轉方式驅動待加工之一預齒工件；及

一嚙合感測器，其經組態以在該工件圍繞該工件主軸軸線旋轉時偵測該工件之齒狀物之一相位位置。

【0014】 該工具機進一步包含位於相對於該工件主軸之一經界定校準點處的一校準件，及經組態以執行以下方法之一感測器控制器：

將該嚙合感測器相對於該工件主軸移動至一校準位置，其中該嚙合感測器位於該校準件處；

藉由使該感測器控制器相對於該校準件移動該嚙合感測器同時接收來自該嚙合感測器之感測器校準信號來判定該嚙合感測器之一回應行為，及

將該嚙合感測器移動至一工件量測位置，其中該嚙合感測器位於該工件處，其中該工件量測位置取決於該所判定之回應行為。

【0015】 相對於該校準件移動該嚙合感測器可包括相對於該工件主軸之一軸向方向上及/或在一徑向方向上及/或在一切線方向上的移動。

【0016】 取決於工具機中之配置，校準件可具有不同形狀及結構。本發明之校準件的所有具體實例具有其能夠判定感測器之回應行為的共同點。若在用於校準之方法期間例如在相對於工件主軸之切線或軸向或徑向方向上沿校準件移動嚙合感測器，則校準件較佳地具有沿該方向之至少一個結構，諸如可偵測為嚙合感測器之輸出信號之變化的邊緣或台階。

【0017】 為了最佳校準，在校準方法期間沿校準件在所有彼等方向上移動感測器，其中可移動嚙合感測器。

【0018】 可設想到用於將校準件配置於工具機中之若干可能性。較佳地，校準件以在無碰撞之情況下（即使已經在工具機中夾持加工工具）可將嚙合感測器自校準位置移動至工件量測位置（且反之亦然）之方式配置於工具機中。

【0019】 舉例而言，校準件可配置於工件載體上。工件載體可為一可移動滑件，工件軸位於該可移動滑件上。校準件可接著與工件載體一起移動且始終相對於工件載體位於經界定位置中。較佳地，校準件以其不妨礙視情況用於夾持加工工具及/或工件之夾持器臂的方式配置。

【0020】 詳言之，校準件可配置於工件主軸之固定部分上，尤其配置於工件主軸外殼上。

【0021】 然而，替代地，校準件亦可配置於工件主軸之可旋轉部分上。

【0022】 藉由將校準件配置於工件主軸之固定或可旋轉部分上，優勢為校準件定位接近於待加工之工件，此降低任何校準不準確性。

【0023】 工件主軸可具有用於在工件主軸軸件上夾持工件的夾持構件。在此類情況下，校準件可配置於夾持構件上。校準件可以其可以可拆卸方式緊固至夾持構件之方式設計。

【0024】 校準件可以其可藉由自動工件裝載裝置附接至夾持裝置且自該夾持裝置移除之方式進一步組態。

【0025】 特別適合於緊固至夾持構件的較佳地為具有帶有至少一個齒狀物結構，例如校準齒狀物或校準齒狀物間隙之外部輪廓的圓盤狀校準件。舉例而言，校準件可為可在工件主軸上夾持之參考工件。校準件亦可為待加工之工件或新加工之工件。

【0026】 在工件主軸上夾持校準件之配置使工件量測位置與校準位置之間的距離最小化，此意謂嚙合感測器僅必須移動短距離以用於校準，從而允許使用精確定位機構。另一方面，校準件必須在加工工件之前插入至夾持構件中且在嚙合感測器之校準之後再次移除，此比用永久地安裝（例如在工具載體上或工具主軸之固定部分上）之校準件的校準更耗時。另外，可能有必要在可校準嚙合感測器之前首先判定圍繞工件主軸軸線之校準件之角度位置。若校準件為待加工

之工件，則消除插入及移除單獨校準件所需之額外時間，但即使在此類情況下，至少通常必須使用額外量測來首先判定工件之角度位置。

【0027】 為了判定校準件之位置及/或對其進行量測，工具機可具有觸覺感測器。該觸覺感測器可詳言之經組態以判定例如工件之圓盤狀校準件之至少一個齒狀物結構之位置。

【0028】 舉例而言，校準件可具有實質上立方形基體。

【0029】 校準件之基體可具有第一溝槽，該第一溝槽具有較佳矩形或梯形橫截面。此意謂校準件具有在不同空間方向上延伸之不同邊緣，此非常適合於出於判定回應行為之目的用嚙合感測器對校準件進行非接觸式掃描。

【0030】 較佳地，校準件以校準件之基體中之第一溝槽垂直於工件主軸軸線行進的方式配置於工具機中。

【0031】 校準件之基體亦可具有第二溝槽，該第二溝槽具有較佳矩形或梯形橫截面，該第二溝槽以特定而言垂直於第一溝槽之角度行進且通向第一溝槽。此第二溝槽形成模擬工件上之齒狀物間隙之形狀的壓痕，且因此為用於校準嚙合感測器之特別合適的形狀。

【0032】 若校準件具有如上文所描述之第二溝槽，經由該第二溝槽形成類齒狀物間隙壓痕，則以校準件之基體中的第二溝槽平行於工件主軸軸線行進之方式在工具機中配置校準件係有利的，藉此校準件之類齒狀物間隙壓痕在工具機的座標系統中具有與直齒狀物工件之齒狀物間隙類似的位向。

【0033】 校準件可具有自工件主軸之一部分之表面徑向延伸的立方形突出部，其中立方形突出部側接兩個位向區域 (orientation areas)，且其中側接位向區域相對於切線方向配置於突出部之兩側上。基於此類校準件中之立方形突出部較佳地判定嚙合感測器之回應。位向區域可用於相對於工具機中之參考區域將工件主軸對準，以便獲得校準件之界定位向。

【0034】 替代地，校準件可具有圓柱形基體，該圓柱形基體具有較佳地垂直於工件主軸軸線行進之圓柱軸線。若螺旋齒狀物工件在工具機中加工，則具有此類圓柱形基體之校準件為尤其有利的，因為在此類情況下，嚙合感測器可在正交於螺旋齒狀物工件之齒狀物側面的方向上相對於校準件移動以便判定回應行為。

【0035】 作為另一替代方案，校準件亦可具有球面基體或圓頂狀基體。球面或圓頂狀基體可特別適合於模擬待加工之工件之壓力角度及螺旋角度。

【0036】 工具機可具有工具載體，該工具載體上配置有工具主軸以用於以旋轉方式驅動加工工具，其中嚙合感測器配置於工具載體上。

【0037】 感測器控制器可為機器控制之整體部分。其可經組態以藉由工具載體相對於工件主軸之移動而引起嚙合感測器相對於工件主軸之移動。

【0038】 工具機可進一步包含用於定位嚙合感測器之感測器定位裝置，該感測器定位裝置配置於工具載體上且可與工具載體一起相對於工件主軸移動，其中感測器定位裝置經組態以相對於工具載體移動嚙合感測器，且其中感測器控制器經組態以藉由工具載體相對於工件主軸之移動及/或藉由感測器定位裝置相對於工具載體之移動來影響嚙合感測器相對於工件主軸之移動。

【0039】 感測器定位裝置亦可具有感測器定位臂，該感測器定位臂相對於工具載體為可移動的，詳言之為可線性移位的。

【0040】 另外，感測器定位裝置可包括用於接收感測器載體之感測器固持器，其中感測器載體包括終止元件，其中嚙合感測器包括嚙合感測器表面，且其中嚙合感測器安裝於感測器載體中使得嚙合感測器表面與終止元件相隔界定距離。

【0041】 此類感測器載體形成與感測器固持器之均勻介面以用於不同大小之嚙合感測器。若需要替換嚙合感測器，則可將其與感測器載體一起自感測器

固持器移除。接著將新的嚙合感測器以其嚙合感測器表面亦與終止元件相隔相同界定距離之方式安裝於感測器載體中，可在感測器載體重新安裝於感測器固持器中之前藉由合適的量測裝置對此進行檢查。

【0042】 嚙合感測器較佳地為非接觸式電感或電容感測器。然而，亦可設想基於光學量測原理之嚙合感測器。若使用電感感測器，則校準件較佳地由導電材料組成，詳言之鋼或鋁，及/或具有導電表面。另一方面，若使用電容感測器，則校準件較佳地由介電材料組成及/或具有由介電材料製成之表面。

【0043】 嚙合感測器可經組態以輸出切換信號，其中嚙合感測器具有感測器特定切換區，且其中感測器特定切換區界定假想感測器軸線。若材料進入切換區，則切換信號改變。切換信號可為類比的或數位的。特定言之，切換信號可為指示材料是否存在於切換區內的二元切換信號：若是，則二元切換信號假定第一值，較佳地為邏輯一，若否，則二元切換信號假定第二值，較佳地為邏輯零。

【0044】 校準件之校準點在工件載體之座標系統中較佳地為已知的。感測器控制器較佳地經組態以藉由判定校準件上之嚙合感測器之回應行為來判定假想感測器軸線的位置。

【0045】 在第一步驟中，可藉由在法線方向上朝向校準件之端面移動嚙合感測器來判定嚙合感測器之切換區之峰值切換點，該端面較佳地平行於工件主軸軸線配置。若已知工件載體之座標系統中的嚙合感測器之理論位置，例如因為其已由機器中之幾何形狀量測來判定且儲存於感測器控制器中，則亦可省略峰值切換點之判定，因為嚙合感測器之已知理論位置允許後者直接移動至預界定校準位置。然而，嚙合感測器亦可位於偏離理論位置之瞬時位置中；舉例而言，若機器處於與判定理論位置期間不同的溫度狀態。同樣地，若存在嚙合感測器之安裝誤差，則嚙合感測器之瞬時位置可偏離理論位置。此類安裝誤差可藉由判定工件載體之座標系統中之峰值切換點來偵測。

【0046】 若已知峰值切換點(藉由明確判定或根據感測器控制器中之沈積物),則嚙合感測器可以嚙合感測器之嚙合感測器表面與校準件之端面徑向間隔開第一量測距離之方式定位。較佳地,此第一量測距離對應於預界定量測距離,當嚙合感測器位於工件量測位置中時,該預界定量測距離應亦出現於嚙合感測器表面與工件之頂圓之間。現在,嚙合感測器可相對於校準件軸向地及/或沿切線方向移動以在無接觸的情況下掃描校準件。同時,嚙合感測器較佳地輸出感測器校準信號,根據該等感測器校準信號可判定位於定界切換區之切換介面上的側面切換點。根據此等側面切換點,接著可判定中心點,可經由該中心點置放假想感測器軸線,藉此假想感測器軸線較佳地垂直於工件主軸軸線且經由中心點正交於校準件之面而置放。

【0047】 替代地,亦可在另一量測距離處判定側面切換點,藉此可判定其他中心點,經由該等中心點可佈置另一假想感測器軸線。亦可設想到,在多於兩個量測距離處判定側面切換點,使得可如此虛擬地重建構整個切換介面。

【0048】 感測器控制器較佳地進一步經組態以根據校準件之已知校準點、預界定量測軸線及經判定假想感測器軸線以經判定假想感測器軸線與預界定量測軸線重合之方式來計算工件量測位置,其中當嚙合感測器位於所計算工件量測位置中時,經判定中心點中之一者較佳地位於量測軸線與工件之頂圓的交叉點上。

【0049】 所判定假想感測器軸線將位於量測軸線上之事實確保隨後量測於工件上之相位位置理想地僅取決於待加工之工件之屬性,且不由嚙合感測器之假想感測器軸線相對於量測軸線之非所需之偏移來偽造。

【0050】 校準件之校準點及預界定量測軸線可儲存於感測器控制器之記憶體中,此允許自動地實施該方法。

【0051】 工件載體之座標系統可為具有X、Y及Z方向之笛卡爾(Cartesian)

座標系統。替代地，工件載體之座標系統可為球面或圓柱座標系統，或能夠明確地表示空間中之點之位置的另一座標系統。

【圖式簡單說明】

【0052】 參考圖式在下文中描述本發明之較佳具體實例，該等圖式出於說明本發明之較佳具體實例的目的而非出於限制本發明之較佳具體實例的目的。在圖式中，

[圖1a]、[圖1b] 以透視圖展示根據本發明之用於加工預齒工件之工具機之具體實例；

[圖2a]至[圖2d] 以透視圖展示根據本發明之校準件之五個不同具體實例；

[圖2e] 以透視圖展示根據本發明之具有校準件之第六具體實例的工具機；

[圖2f] 展示圖2e之校準件之第六具體實例的放大透視圖；

[圖2g] 展示根據本發明之具有校準件之第七具體實例之工具機之側視圖；

[圖2h] 以放大側視圖展示圖2g之校準件之第七具體實例；

[圖3a]、[圖3b] 展示根據本發明之工具機中之校準件的較佳配置；

[圖3c] 展示用於固持嚙合感測器之感測器固持器；

[圖4a]至[圖4d] 以示意性（未按比例）方式展示根據本發明之用於校準嚙合感測器之方法；

[圖5] 展示說明根據本發明之一個具體實例之方法的流程圖。

【實施方式】

【0053】 圖1a及圖1b展示用於加工預齒工件之工具機2之具體實例的透視圖，其中圖1b展示圖1a中成框之截面E之放大。特定言之，此處所展示之具體實例為用於滾動加工具有溝槽狀輪廓之旋轉部分之工具機。此類工具機描述於文

件WO2021008915A1中，該文件之揭示內容以全文引用之方式併入本文中。工具機2具有：工件載體20；工件主軸21，其配置於工件載體20上且界定工件主軸軸線A，該工件主軸21具有工件主軸外殼211及可在工件主軸外殼211中圍繞工件主軸軸線A旋轉之工件主軸軸件212，該工件主軸軸件用於以旋轉方式驅動待加工之預齒工件；及夾持構件22，該夾持構件22經組態以接收待加工之工件。參考工件載體20具有 X_M 方向、 Y_M 方向及 Z_M 方向之笛卡爾座標系統 K_M 繪製於圖1b中，此處作為在工件主軸軸線A上具有原點之實例。在此處所展示之具體實例實例中，工件載體20為可在 Y_M 方向上移動之工件滑件。此處所展示之工具機2亦具有感測器定位裝置25，該感測器定位裝置配置於工具載體24上，其中用於以旋轉方式驅動加工工具之工具主軸241配置於工具載體24上。感測器定位裝置25可與工具載體24一起在 X_M 方向上及在 Z_M 方向上移動，且具有感測器定位臂251，該感測器定位臂可在 Y_M/Z_M 平面中線性移位且其中配置嚙合感測器1。此處，嚙合感測器1反平行於 Y_M 方向而對準。在圖1a及圖1b中，出於說明之目的，將校準件10之不同具體實例配置於同一工具機2中。然而，實際上，若工具機僅具有校準件10之此等具體實例中之一者，則其通常係足夠的。如自圖1b可見，各種具體實例以嚙合感測器1可藉助於感測器定位裝置25沿校準件10移動以便判定其回應行為之方式配置於工具機中，藉此嚙合感測器在此處移動1期間始終保持反向平行於 Y_M 方向對準。此外，為了達成校準件10相對於嚙合感測器1在 Y_M 方向上之移動，亦可在此處所展示之工具機2中移動工件載體20。亦展示配置於工具載體24上之掃描構件30，其可用於判定工具機2之座標系統 K_M 中的校準件10之校準點 C_M 。

【0054】 圖2a至圖2d展示圖1a及圖1b中所展示之校準件10之放大版本。

【0055】 在圖2a中展示之圖1b之影像截面 D_1 中，可見校準件10之兩個具體實例。兩個具體實例配置於工件主軸外殼211上。在前平面中之影像細節中所展示之第一具體實例具有立方形基體，其中基體具有帶有矩形橫截面之第一溝槽

11，其中第一溝槽11在 X_M 方向上延伸。影像細節中展示於後平面中之第二具體實例自工件主軸外殼211之傾斜表面突出，且亦具有在 X_M 方向上延伸之具有矩形橫截面的第一溝槽11。如圖1b中可見，此等具體實例兩者均配置於工件主軸外殼上以使得溝槽11相對於工件主軸21在切線方向上延伸。為了判定嚙合感測器1之回應行為，具有溝槽11之校準件10的一側上之嚙合感測器1可沿溝槽11在切線方向上及/或在 Z_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21之軸向方向）及/或在 Y_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21的徑向方向）移動。

【0056】 在圖2b中展示之圖1b之影像截面 D_2 中，可見校準件10之第三具體實例，該校準件配置於工件載體20上。圖2b中展示之第三具體實例具有立方形基體，該基體具有帶有矩形截面之第一溝槽11。校準件10之此第三具體實例之基體進一步包含第二溝槽12，該第二溝槽12垂直於第一溝槽11延伸且通向第一溝槽11，該第二溝槽12具有梯形橫截面。在與具有溝槽11之側相對的校準件10之一側上，校準件10具有平行於溝槽11行進之另一溝槽11'。具有矩形橫截面之另一溝槽12'垂直於溝槽11'行進，該溝槽12'通向溝槽11'。如自圖1b可見，校準件10之此第三具體實例以第二溝槽12平行於工件主軸軸線A行進之方式配置於工件滑件上，因此模擬待加工之工件中的齒狀物間隙之形狀及位向。為判定嚙合感測器1之回應行為，嚙合感測器1可在具有溝槽11及12之校準件10的一側上沿溝槽11在切線方向上及/或在 Z_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21之軸向方向）及/或在 Y_M 方向上（其對應於相對於工件主軸21的徑向方向）移動。如圖1b中所指示，校準件之此具體實例亦可附接至旋轉 180° 之工件載體（20），藉此在校準方法期間，具有矩形橫截面之溝槽12'接著朝向嚙合感測器1定向。

【0057】 在圖2c中展示之圖1b之影像截面 D_3 中，可見校準件10之第四具體實例，該校準件10以可拆卸方式配置於夾持構件22中。校準件10之此第四具體實例為圓盤狀的且具有帶有校準齒狀物13、13'之外部輪廓。在此具體實例中，兩

個校準齒狀物13、13'相對於彼此徑向地定位，第一校準齒狀物13具有矩形形狀，而第二校準齒狀物13具有梯形形狀。校準齒狀物13、13'在 Y_M 方向上對準。為判定嚙合感測器1之回應行為，其可在相對於工件主軸之切線方向（ X_M 方向）上移動，藉此與 Y_M 方向反平行對準之嚙合感測器1可在無接觸的情況下掃描兩個校準齒狀物中之一者（此處為具有矩形形狀之一者，13）。若掃描校準齒狀物13'（梯形形狀）為較佳的，則校準件可旋轉 180° 來配置。

【0058】 在圖2d中展示之圖1b之影像截面 D_4 中，可見校準件10之第五具體實例，該校準件10配置於夾持構件22上。校準件10之第五具體實例具有自夾持構件21之表面徑向延伸的立方形突出部14，該立方形突出部14側接突出至夾持構件之表面中的兩個位向區域15。在此處所展示之具體實例實例中， Y_M 方向上之突出點及側接位向區域15相對於切線方向以位向區域15位於 X_M/Z_M 平面中之方式配置於突出部14之兩側上。

【0059】 圖2e展示具有校準件之第六具體實例之工具機2的透視圖，該校準件配置於工件主軸外殼211上。如在圖2f中之影像截面 D_5 之放大中可見，校準件之此第六具體實例具有配置於立方形載體17上的圓柱形基體。圓柱形基體具有圓柱軸線16，該圓柱軸線16在此情況下平行於 Y_M 軸線行進。

【0060】 圖2g展示具有校準件之第七具體實例之工具機2的透視圖，該校準件配置於工件主軸外殼211上。如圖2h中之影像截面 D_6 之放大中可見，校準件之此第七具體實例具有配置於立方形載體17上之圓頂狀基體，該圓頂狀基體指向 Y_M 方向。

【0061】 圖3a及圖3b展示校準件10在工具機2中之較佳配置，該校準件對應於圖2a中之第一具體實例，其中圖3b展示圖3a中成框之截面F的放大。感測器定位臂251具有感測器固持器26，該感測器固持器形成用於感測器載體27之機械容器。如圖3c中可見，感測器載體27具有終止元件271，該終止元件充當用於將

感測器載體27安裝於感測器固持器26中之定位輔助件。嚙合感測器1具有嚙合感測器表面O且以嚙合感測器表面O與終止元件271相隔界定距離 e 之方式安裝於感測器載體27中。此類感測器載體27形成與感測器固持器26之均勻介面以用於不同大小之嚙合感測器1。若必須替換嚙合感測器1，則可將其與感測器載體27一起自感測器固持器26移除。接著將新的嚙合感測器以其嚙合感測器表面亦與終止元件271相隔相同界定距離 e 之方式安裝於感測器載體27中，可在感測器載體27重新安裝於感測器固持器26之前藉由合適的量測構件來對此進行檢查。如圖3a及圖3b中可見，儘管加工工具28配置於工具固持器24上，為了在無接觸的情況下沿方向 X_M 、 Y_M 及 Z_M 掃描校準件10，感測器固持器26中具有嚙合感測器1之感測器定位裝置25可在不與校準件10碰撞的情況下移動，其中嚙合感測器1反平行於 Y_M 方向對準。

【0062】 圖4a至圖4d以示意性（未按比例）方式說明根據本發明之用於校準輸出切換信號之非接觸式嚙合感測器1的方法。此具體實例中展示之嚙合感測器具有自嚙合感測器表面O延伸至此處展示為虛線之切換介面G的切換區B且界定假想感測器軸線 A_S 。若材料進入切換區B，則藉由嚙合感測器1輸出之切換信號改變。為了能夠可靠地判定具有頂圓K之預齒工件23之齒狀物的相位位置，以實現儘可能對稱的嚙合感測器1之回應行為的方式計算工件量測位置 P_w 。若假想感測器軸線 A_S 與預界定量測軸線 A_M （此處在 Z_M 方向上以預界定高度平行於 Y_M 方向）重合，且若嚙合感測器表面O與頂圓K間隔開預界定量測距離 d 以使得頂圓K與切換區B交叉（參見圖4a），則達成此對稱回應行為。

【0063】 根據本發明，基於校準件10判定嚙合感測器1之假想感測器軸線 A_S ，該校準件10具有已知幾何形狀且位於工件載體之座標系統 K_M 中之已知校準點 C_M 處。出於此目的，嚙合感測器1進入校準件附近。

【0064】 校準程序之可能步驟展示於圖4b至圖4d中：

在此實例中，切換區之峰值切換點S首先在第一步驟（圖4b）中藉由接近校準件10之端面F判定，該端面在此處位於 X_M - Z_M 平面中。若已知工件載體之座標系統 K_M 中的嚙合感測器1之理論位置，例如因為其已由機器中之幾何形狀量測來判定且儲存於感測器控制器中，則亦可省略峰值切換點S之判定，因為嚙合感測器1之已知理論位置允許後者直接移動至預界定校準位置 P_C 。然而，嚙合感測器亦可位於偏離理論位置之瞬時位置中；舉例而言，若機器處於與判定理論位置期間不同的溫度狀態。同樣地，若存在安裝誤差，則嚙合感測器之瞬時位置可偏離理論位置；舉例而言，若嚙合感測器表面O不具有距圖3c中所展示之終止元件之預期距離 e 時，或若感測器載體27之終止元件271尚未與感測器固持器26齊平安裝。藉由判定工件載體之座標系統 K_M 中之峰值切換點S，可偵測到此類安裝誤差。

【0065】 在第二步驟（圖4c及圖4d）中，嚙合感測器1理想地以嚙合感測器表面O與端面F間隔開預界定量測距離 d 之方式反平行於 Y_M 方向移動至更接近於校準件10，當嚙合感測器1（如圖4a中所展示）位於工件量測位置 P_W 中時，該預界定量測距離 d 應接著亦出現於嚙合感測器表面O與工件23之頂圓K之間。

【0066】 在第三步驟中，判定側面切換點，該等側面切換點在 X_M 及 Z_M 方向上位於嚙合感測器之切換區B之切換介面G上。在校準方法之簡單具體實例中，在 Y_M 方向上之單一量測距離 d 處執行此第三步驟，藉此在 X_M 方向上及在 Z_M 方向上各自較佳地判定兩個側面切換點。圖4c展示為嚙合感測器如何平行於 X_M 方向移動經過校準件之第一側面 k_1 以判定第一側面切換點 S_{F1} 之實例，而圖4d展示嚙合感測器如何反平行於 X_M 方向移動經過校準件之第二側面 k_2 以判定第二側面切換點 S_{F2} 。藉由沿 Z_M 方向移動嚙合感測器1，可以相同方式判定兩個其他側面切換點。經判定之側面切換點儲存於感測器控制器3之記憶體31中。接著可根據所儲存側面切換點判定切換區B之理論中心點 S_z 。假想軸線 A_s 穿過此理論中心點 S_z 置放，藉此此假想軸線 A_s 正交於 X_M - Z_M 平面。

【0067】 對於工件上之量測，以此假想感測器軸線 A_S 將位於所要量測軸線 A_M 上之方式及如圖4a中所展示理想地以中心點 S_z 將位於量測軸線 A_M 與頂圓 K 的交叉點之方式，嚙合感測器隨後進入至工件量測位置 P_w 中，因此實現儘可能對稱的嚙合感測器1的回應行為。

【0068】 圖5展示用於加工預齒工件之工具機2中之嚙合感測器1之校準方法之上述實例用於根據本發明之一個具體實例設計工具機之執行。首先，量測軸線 A_M 及量測距離 d 界定101於工具載體之座標系統 K_M 中，且判定102校準點 C_M ，校準件10配置於該校準點處。隨後，嚙合感測器1朝向校準件之端面 F 移動200，且判定201切換區 B 之峰值切換點 S 。接著，嚙合感測器1以嚙合感測器表面 O 與校準件10之端面間隔開量測距離 d 的方式定位202。現在，嚙合感測器1沿校準件10移動以在無接觸的情況下掃描該校準件203。同時，嚙合感測器1輸出切換信號，根據該等切換信號判定側面切換點204。接著根據此等側面切換點判定假想感測器軸線 A_S 205。在最後步驟206中，嚙合感測器1進入由感測器控制器3計算之工件量測位置 P_w 中，其中經判定假想感測器軸線 A_S 與量測軸線 A_M 重合。

【符號說明】

【0069】

- 1:嚙合感測器
- 2:工具機
- 3:感測器控制器
- 10:校準件
- 11:第一溝槽
- 11':第一溝槽
- 12:第二溝槽

- 12':第二溝槽
- 13:校準齒狀物
- 13':校準齒狀物
- 14:突出部
- 15:位向區域
- 16:圓柱軸線
- 17:立方形載體
- 20:工件載體
- 21:工件主軸
- 22:夾持構件
- 23:工件
- 24:工具載體
- 25:感測器定位裝置
- 26:感測器固持器
- 27:感測器載體
- 28:加工工具
- 30:掃描構件
- 31:記憶體
- 211:工件主軸外殼
- 212:工件主軸軸件
- 241:工具主軸
- 251:感測器定位臂
- 271:終止元件
- A:工件主軸軸線

A_M :量測軸線

A_S :假想感測器軸線

B:切換區

C_M :校準點

d:量測距離

D_1 :影像截面

D_2 :影像截面

D_3 :影像截面

D_4 :影像截面

D_5 :影像截面

D_6 :影像截面

E:截面

e:距離

F:端面

G:切換介面

K:頂圓

k_1 :側面

k_2 :側面

K_M :工件載體之座標系統

O:嚙合感測器表面

P_C :校準位置

P_W :工件量測位置

S:峰值切換點

S_{F1} :側面切換點

S_{F2} :側面切換點

S_z :中心點

X_M :方向

Y_M :方向

Z_M :方向

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種工具機，其用於加工預齒工件，該工具機包含：

一工件載體（20）；

一工件主軸（21），其配置於該工件載體（20）上且界定一工件主軸軸線（A），該工件主軸（21）具有一工件主軸外殼（211）及可在該工件主軸外殼（211）中圍繞該工件主軸軸線（A）旋轉之一工件主軸軸件（212），該工件主軸軸件用於以旋轉方式驅動待加工之一預齒工件（23）；

一嚙合感測器（1），其經組態以在該工件（23）圍繞該工件主軸軸線（A）旋轉時偵測該工件（23）之齒狀物之一相位位置，

其特徵在於該工具機（2）進一步包含：

一校準件（10），其相對於該工件主軸（21）位於一界定校準點（ C_M ）處；

及

一感測器控制器（3），其經組態以實施以下方法：

將該嚙合感測器（1）相對於該工件主軸（21）移動至一校準位置（ P_C ），其中該嚙合感測器（1）位於該校準件（10）處；

藉由該感測器控制器（3）相對於該校準件（10）移動該嚙合感測器（1）同時接收該嚙合感測器（1）之感測器校準信號來判定該嚙合感測器（1）之一回應行為，及

將該嚙合感測器（1）移動至一工件量測位置（ P_W ），其中該嚙合感測器（1）位於該工件（23）處，其中該工件量測位置（ P_W ）取決於該所判定之回應行為。

【請求項2】如請求項1之工具機，其中相對於該校準件（10）移動該嚙合感測器（1）包括相對於該工件主軸（21）之在一軸向方向上及/或在一徑向方向上及/或在一切線方向上之移動。

【請求項3】如請求項1或2之工具機，其中該校準件（10）配置於該工件載

體(20)上。

【請求項4】如請求項1或2之工具機，其中該校準件(10)配置於該工件主軸(21)之一固定或可旋轉部分上。

【請求項5】如請求項1或2之工具機，

其中該工件主軸(21)具有用於將一工件(23)夾持在該工件主軸軸件(212)上之一夾持構件(22)，且其中該校準件(10)配置於該夾持構件(22)上。

【請求項6】如請求項1或2之工具機，其中該校準件(10)具有一實質上立方基體。

【請求項7】如請求項6之工具機，其中該校準件之該基體具有一第一溝槽(11)。

【請求項8】如請求項7之工具機，其中該第一溝槽(11)具有矩形或梯形橫截面。

【請求項9】如請求項6之工具機，其中該校準件(10)配置於該工具機中，使得該校準件(10)之該基體中的該第一溝槽(11)垂直於該工件主軸軸線(A)行進。

【請求項10】如請求項6之工具機，其中該校準件之該基體具有一第二溝槽(12)，該第二溝槽以相對於該第一溝槽(11)的一角度行進且通向該第一溝槽(11)。

【請求項11】如請求項10之工具機，其中該第二溝槽(12)具有矩形或梯形橫截面。

【請求項12】如請求項10之工具機，其中該第二溝槽(12)垂直於該第一溝槽(11)行進。

【請求項13】如請求項1或2之工具機，其中該校準件(10)具有自該工件主軸(21)之一部分之一表面徑向延伸的一立方形突出部(14)，

其中該立方形突出部（14）側接兩個位向區域（15），且其中該等側接位向區域（15）相對於一切線方向配置於該突出部（14）之兩側上。

【請求項14】如請求項1或2之工具機，其中該校準件（10）具有一圓柱形基體。

【請求項15】如請求項1或2之工具機，其中該校準件（10）具有一球面基體或一圓頂狀基體。

【請求項16】如請求項1或2之工具機，其中該校準件（10）為圓盤狀且具有一外部輪廓，其帶有至少一個齒狀物結構，詳言之—校準齒狀物（13）。

【請求項17】如請求項16之工具機，其中該校準件（10）為待加工之一工件。

【請求項18】如請求項1或2之工具機，其中該工具機（2）包含一觸覺感測器（30），

其中該觸覺感測器（30）經調適以量測該校準件（10）以獲得一界定校準點（ C_M ）。

【請求項19】如請求項1或2之工具機，其中該工具機具有一工具載體（24），該工具載體上配置有用於以旋轉方式驅動一加工工具（27）之一工具主軸（241），且其中該嚙合感測器（1）配置於該工具載體（24）上。

【請求項20】如請求項1或2之工具機，其中該感測器控制器（3）經組態以藉由該工具載體（24）相對於該工件主軸（21）之移動而引起該嚙合感測器（1）相對於該工件主軸（21）之該移動。

【請求項21】如請求項1或2之工具機，其中該工具機（2）包含用於定位該嚙合感測器（1）之一感測器定位裝置（25），該嚙合感測器配置於該工具載體（24）上且可相對於該工件主軸（21）與該工具載體（24）一起移動，其中該感測器定位裝置（25）經組態以相對於該工具載體（24）移動該嚙合感測器（1），且其中該感測器控制器（3）經組態以藉由該工具載體（24）相對於該工件主軸

(21) 之移動及/或藉由該感測器定位裝置 (25) 相對於該工具載體 (24) 之移動而影響該嚙合感測器 (1) 相對於該工件主軸 (21) 之該移動。

【請求項22】如請求項21之工具機，其中該感測器定位裝置 (25) 包含一感測器定位臂 (251)，該感測器定位臂相對於該工具載體 (24) 為可移動的，詳言之為可線性移位的。

【請求項23】如請求項21之工具機，

其中該感測器定位裝置 (25) 包含用於接收一感測器載體 (27) 之一感測器固持器 (26)，

其中該感測器載體 (27) 包含一終止元件 (271)，

其中該嚙合感測器 (1) 具有一嚙合感測器表面 (O)，且其中該嚙合感測器 (1) 安裝於該感測器載體 (27) 中，使得該嚙合感測器表面 (O) 位於距該終止元件 (271) 之一界定距離 (e) 處。

【請求項24】如請求項1或2之工具機，

其中該嚙合感測器 (1) 為一電感嚙合感測器，且

其中該校準件 (10) 由一導電材料組成，詳言之鋼或鑄鋼或鋁，及/或具有一導電表面。

【請求項25】如請求項1或2之工具機，

其中該嚙合感測器 (1) 為一電容嚙合感測器，且

其中該校準件 (10) 由一介電材料組成及/或具有由一介電材料製成之一表面。

【請求項26】如請求項1或2之工具機，

其中該嚙合感測器 (1) 經組態以輸出一切換信號，

其中該嚙合感測器 (1) 具有一感測器特定切換區 (B)，且

其中該感測器特定切換區 (B) 界定一假想感測器軸線 (A_s)。

【請求項27】如請求項26之工具機，

其中在該工件載體（2）之一座標系統（ K_M ）中已知該校準件（10）之該校準點（ C_M ），

其中該感測器控制器（3）經組態以藉由判定該校準件（10）上之該嚙合感測器（1）之該回應行為來判定該假想感測器軸線（ A_S ），

其中該感測器控制器（3）進一步經組態以按以下方式自該校準件（10）之該已知校準點（ C_M ）、一預界定量測軸線（ A_M ）及該經判定假想感測器軸線（ A_S ）計算該工件量測位置（ P_W ）：當該嚙合感測器（1）位於該所計算工件量測位置（ P_W ）中時，該經判定假想感測器軸線（ A_S ）與該預界定量測軸線（ A_M ）重合。

【請求項28】如請求項27之工具機，

其中用於判定該嚙合感測器（1）之該回應行為之該感測器控制器（3）經組態以藉由在法線方向上朝向該校準件（10）之一端面（F）移動該嚙合感測器（1）來判定該切換區（B）在該工件載體（2）之一座標系統（ K_M ）中之一峰值切換點（S）。

【請求項29】如請求項27之工具機，其中該校準件（10）之該校準點（ C_M ）及該預界定量測軸線（ A_M ）儲存於該感測器控制器（3）之一記憶體（31）中且自動地實施該方法。