



(21)申請案號：109109435

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 03 月 20 日

(51)Int. Cl. : **B24B49/04 (2006.01)**

(30)優先權：2019/03/22 瑞士 00374/19

(71)申請人：瑞士商瑞絲浩爾公司(瑞士) REISHAUER AG (CH)
瑞士(72)發明人：迪茨 克里斯提安 DIETZ, CHRISTIAN (DE)；埃格爾 安德烈 EGER, ANDRE
(CH)；格拉夫 約爾格 GRAF, JURG (CH)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

TW M248556U

JP 2016-132088A

US 2017/0095868A1

審查人員：林衍孝

申請專利範圍項數：28 項 圖式數：15 共 49 頁

(54)名稱

用於當連續創成磨削時自動化製程監控方法

(57)摘要

本發明提出一種用於在預有齒工件之連續創成磨削時自動化製程監控之方法，其准許對磨削輪破損之及早偵測。一創成磨削機用於對大量工件進行切削。出於此目的，該等工件被夾持於至少一個工件心軸上且依次移動成與一磨削輪創成嚙合。在該切削期間監控至少一個所量測變數。自該所量測變數判定對於一磨削輪破損之一警告指示符。若該警告指示符指示一磨削輪破損，則自動地檢查該磨削輪。出於此目的，使一修整工具在該磨削輪之尖端區域上方移動，且在該尖端區域上方之該移動期間判定一接觸信號。一破損指示符係藉由分析該接觸信號來判定，其中該破損指示符指示是否存在一磨削輪破損。若情況如此，則視需要常常修整該磨削輪以便排除該磨削輪破損。替代地，直接在第一修整行程處進行該磨削輪之該檢查。

A method is proposed for automatic process monitoring during the continuous generating grinding of pre-toothed workpieces, which permit early detection of grinding wheel breakouts. A generating grinding machine is used to machine a multiplicity of workpieces. For this purpose, the workpieces are clamped onto at least one workpiece spindle and successively moved into generating engagement with a grinding wheel. At least one measured variable is monitored during the machining. A warning indicator for a grinding wheel breakout is determined from said measured variable. If the warning indicator indicates a grinding wheel breakout, the grinding wheel is examined automatically. For this purpose, a dressing tool is moved over the tip region of the grinding wheel, and a contact signal is determined during the movement over the tip region. A breakout indicator is determined by analyzing the contact signal, wherein the breakout indicator indicates whether a grinding wheel breakout is present. If this is the case, the grinding wheel is dressed as often as necessary in order to eliminate the grinding wheel breakout. Alternatively, the checking of the grinding wheel is carried out directly at the first dressing stroke.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 110:切削製程
- 111:工件之切削
- 112:監控
- 113:W 之判定
- 114:決策步驟
- 120:破損偵測製程
- 121:挪動
- 122:接觸信號之判定
- 123:A 之判定
- 124:決策步驟
- 130:特徵界定/移除

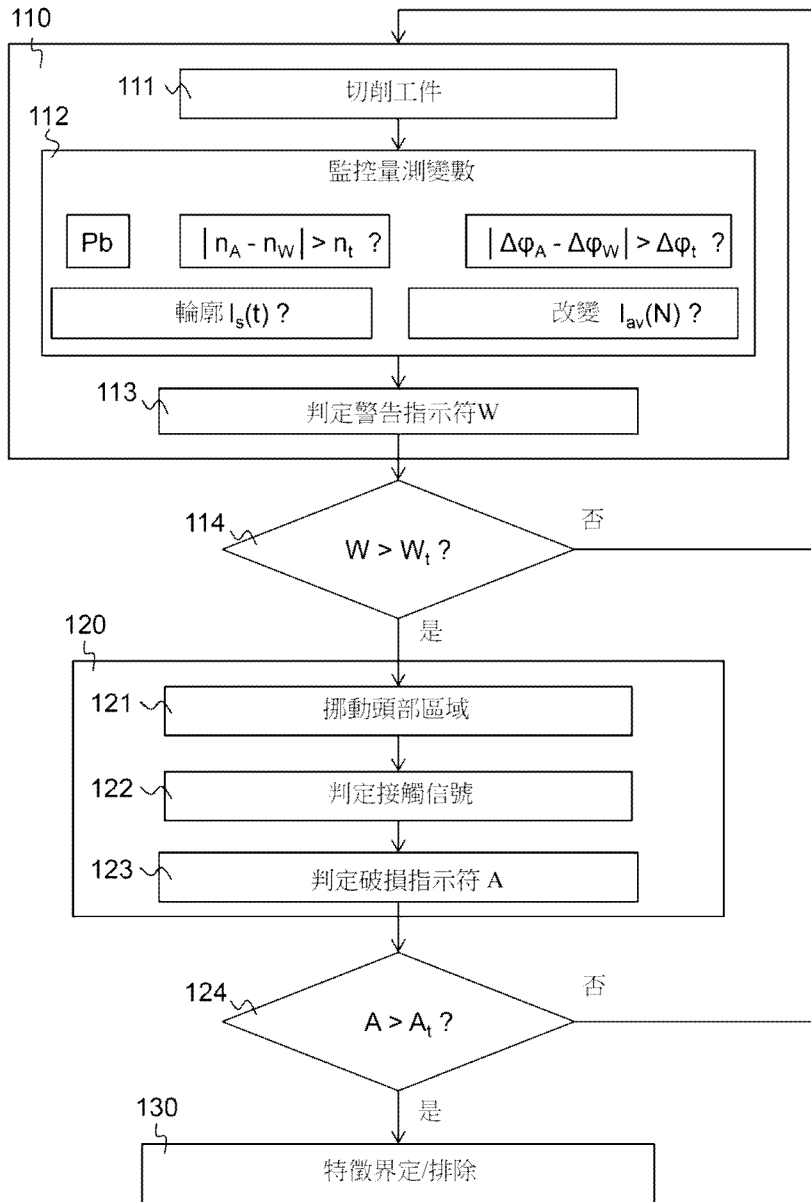


圖14



I846842

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於當連續創成磨削時自動化製程監控方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR AUTOMATIC PROCESS MONITORING
DURING CONTINUOUS GENERATING GRINDING

【中文】

本發明提出一種用於在預有齒工件之連續創成磨削時自動化製程監控之方法，其准許對磨削輪破損之及早偵測。一創成磨削機用於對大量工件進行切削。出於此目的，該等工件被夾持於至少一個工件心軸上且依次移動成與一磨削輪創成嚙合。在該切削期間監控至少一個所量測變數。自該所量測變數判定對於一磨削輪破損之一警告指示符。若該警告指示符指示一磨削輪破損，則自動地檢查該磨削輪。出於此目的，使一修整工具在該磨削輪之尖端區域上方移動，且在該尖端區域上方之該移動期間判定一接觸信號。一破損指示符係藉由分析該接觸信號來判定，其中該破損指示符指示是否存在一磨削輪破損。若情況如此，則視需要常常修整該磨削輪以便排除該磨削輪破損。替代地，直接在第一修整行程處進行該磨削輪之該檢查。

【英文】

A method is proposed for automatic process monitoring during the continuous generating grinding of pre-toothed workpieces, which permit early detection of grinding wheel breakouts. A generating grinding machine is used to machine a multiplicity of workpieces. For this purpose, the workpieces are clamped onto at least one workpiece spindle and successively moved into generating engagement with a grinding wheel. At least one measured variable is monitored during the machining. A

warning indicator for a grinding wheel breakout is determined from said measured variable. If the warning indicator indicates a grinding wheel breakout, the grinding wheel is examined automatically. For this purpose, a dressing tool is moved over the tip region of the grinding wheel, and a contact signal is determined during the movement over the tip region. A breakout indicator is determined by analyzing the contact signal, wherein the breakout indicator indicates whether a grinding wheel breakout is present. If this is the case, the grinding wheel is dressed as often as necessary in order to eliminate the grinding wheel breakout. Alternatively, the checking of the grinding wheel is carried out directly at the first dressing stroke.

【指定代表圖】 圖14

【代表圖之符號簡單說明】

- 110: 切削製程
- 111: 工件之切削
- 112: 監控
- 113: W之判定
- 114: 決策步驟
- 120: 破損偵測製程
- 121: 挪動
- 122: 接觸信號之判定
- 123: A之判定
- 124: 決策步驟
- 130: 特徵界定/移除

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 用於當連續創成磨削時自動化製程監控方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR AUTOMATIC PROCESS MONITORING
DURING CONTINUOUS GENERATING GRINDING

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種用於在藉由創成磨削機之連續創成磨削時自動化製程監控之方法。本發明亦係關於一種經組態以執行此方法之創成磨削機，且係關於一種用於執行此方法之電腦程式。

【先前技術】

【0002】 在連續創成磨削期間，以與具有蝸形輪廓（磨削蝸桿）之磨削輪滾動嚙合的形式切削齒輪坯料。創成磨削為極其苛刻的創成切削方法，其係基於大量同步精確個別移動且受大量邊界條件影響。關於連續創成磨削之基礎之資訊可例如發現於H.Schriefer等人之著作「連續創成齒輪磨削（Continuous Generating Gear Grinding）」，Reishauer AG，Wallisellen 2010，ISBN 978-3-033-02535-6，第2.3章（「創成磨削之基本方法（Basic Methods of Generating Grinding）」，第121至129頁中。

【0003】 在連續創成磨削期間之齒側面形狀理論上僅僅藉由磨削蝸桿之經修整輪廓形狀及機器之設定資料判定。然而，實際上，決定性地影響磨削結果之與理想狀態之偏差頻繁發生於自動化生產中。在Schriefer等人之指定著作中，在第531至541頁之第6.9章（「對於統計個別偏差分析之實際訣竅（Practical Know-How for Statistical Individual Deviation Analysis）」）及第542至551頁之第6.10章（「分析及排除齒輪齒偏差（Analysing and Eliminating Gear Tooth

Deviations)」) 上給定關於上文之細節。

【0004】 使用創成磨削方法產生之齒輪之品質傳統地未經評定直至基於大量所量測變數藉助於磨削機外部之齒輪量測(「離線」)之切削結束之後。在此上下文中，存在關於如何量測齒輪及如何檢查該等量測結果係在容差規格內抑或在容差規格外的各種標準。該等標準亦產生關於該等量測結果與齒輪之使用性質之間的關係的指示。此類齒輪量測之概述可例如發現於Schriefer等人已經提及之著作中第155至200頁之第3章(「連續創成齒輪磨削時之品質保證(Quality Assurance in Continuous Generating Gear Grinding)」)上。

【0005】 在手動操作期間，操作者基於他的經驗偵測到切削製程中與規格之偏差，或在齒輪之後續檢查期間偵測到偏差。操作者接著藉助於經改變設定再次將切削製程調整至穩定區域中。然而，為了使切削自動化，需要製程監控以自動穩定方式嚙合。

【0006】 迄今為止，在先前技術中，僅已揭示關於用於關於連續創成磨削之製程監控之合適策略的基本細節。

【0007】 舉例而言，公司介紹「NORDMANN工具監控(NORDMANN Tool Monitoring)」，版本 05.10.2017，擷取於來自 https://www.nordmann.eu/pdf/presentation/Nordmann_presentation_ENG.pdf 之 25.02.2019描述用於監控通用金屬切割工具機上之工具之各種量度(第3頁)。可在金屬切割操作期間藉助於對有效功率、切割力或聲學發射之量測在製程內進行工具之監控(第7頁)。詳言之，這可用於偵測工具斷裂及工具磨損(第9至14頁)。存在可供用於在工具監控之範圍內之各種量測任務的大量感測器(第31至37頁)。有效功率可藉由量測電流判定(第28頁)。對應電流感測器對此為已知的(第37頁)，或可在不具有感測器之情況下基於來自CNC控制器之資料進行電流之監控(第40頁)。各種金屬切割切削方法中之演示特徵應用實例亦包括在切

削齒輪時相關的多種簡明方法實例，詳言之齒輪滾削（第41及42頁）、硬刮削（第59頁）及搪磨（第60頁）。亦涵蓋修整方法（第92頁）。相比之下，僅略提及連續創成磨削（例如第3及61頁）。

【0008】 關於（圓柱形）磨削及修整之資訊亦可發現於Klaus Nordmann之「Prozessüberwachung beim Schleifen und Abrichten[在磨削及修整期間之製程監控（Process monitoring during grinding and dressing）]」，Schleifen+Polieren 05/2004，Fachverlag Moller，費爾貝特市（德國），第52至56頁。然而，此處亦未詳細地涵蓋連續創成磨削。

【0009】 頻繁地，可經修整之陶土燒結磨削輪用於創成磨削。藉由此類磨削蝸桿，磨削輪之一或多個蝸桿螺紋中之局部破損為極具破壞性的問題。磨削輪破損促使待切削齒輪之齒側面在其與破損區域中之磨削輪嚙合時在其總長度內未能完全經切削。通常，並非一個批次之所有工件均在相同程度上受磨削輪破損影響，由於磨削輪在生產批次期間沿著其縱向軸線移位，以便連續嚙合磨削輪之仍然未用區域與工件（所謂的移位）。已經專門藉由磨削輪之完好區域切削之工件通常不會表現出故障。

【0010】 這使得較難以偵測由於磨削輪破損之切削故障。由於通常在齒輪之檢查期間僅進行樣本控制，因此在齒輪之檢查期間由於磨削輪破損之切削故障時常偵測不到，或僅非常遲地偵測到。此類故障常常僅在將工件安裝於傳動裝置中之後在線端測試時才會出現。此需要昂貴的拆卸製程。另外，相同切削故障在此期間可能已經出現於大量其他工件上。此可導致以下情形：在某些情形下，一生產批次之相當大部分必須作為NOK部分（NOK =「不合格」）被丟棄。甚至未偵測到之單一磨削輪破損可因此導致極高後續成本。因此，需要在自動製程監控之範圍內可靠地偵測或甚至防止磨削輪破損。

【0011】 除磨削輪破損之外，其他現象亦可不利地影響在一個生產批次內

所生產之齒輪之品質。舉例而言，眾所周知，時常並非所有坯料均可以相同方式進行預切削，或坯料之齒側面上存在硬度及/或硬化畸變差異。磨削蝸桿之組成之較小差異亦可導致不同磨削或修整行為。在修整期間之不適當品質為成品齒輪中品質降低之另一常見原因。另外，在修整期間，磨削蝸桿之半徑始終如一地減小了各別修整量。因此，在一生產批次之切削期間，在創成磨削期間之嚙合條件可顯著變化，且常常亦可惡化。接著必須改變在切削開始時所選之設定。不管用以確保恆定切削品質之所有注意事項如何，不可避免地，在切削期間在每一工件上將產生個別差異。

【0012】 因此，在一個生產批次之自動創成磨削之情況下，在切削之前，必須界定設定、工具、夾持方式及量測與自動化技術。在切削開始時，操作者監控制程，且在已經實現拒絕無生產之後，接著準自動地對該生產批次進行進一步切削。此製程由於以下兩個重大影響可變得不穩定或斷裂：

首先由於工具，詳言之，由於破損或由於在修整之後的較差嚙合條件；及其次由於工件，其可具有來自預切削之切削故障。

【0013】 製程監控接著應捕獲此等影響並起始自動化精整措施。

【發明內容】

【0014】 因此，本發明之一目標為指定用於在連續創成磨削時進行製程監控之方法，可籍此偵測及/或及早防止製程偏差。

【0015】 藉助於如請求項1之方法實現此目標。在附屬項中指定其他具體實例。

【0016】 因此指定用於在藉由創成磨削機之預有齒工件之連續創成磨削時進行製程監控之方法。該創成磨削機包含一工具心軸及至少一個工件心軸。具有蝸形輪廓及一或多個蝸桿螺紋之磨削輪被夾持於工具心軸上且可圍繞工具

軸線旋轉。該等工件可被夾持於至少一個工件心軸上。該方法包含：

藉由該創成磨削機切削該等工件，其中為了切削，該等工件被夾持於至少一個工件心軸上且依次移動成與磨削輪嚙合；

在切削該等工件期間監控至少一個所量測變數；以及

以及自至少一個經監控的所量測變數判定對於製程偏差之警告指示符。

【0017】 根據本發明，製程監控因此用於獲得關於在較早時刻創成磨削機中切削製程與其正常操作之不可接受的偏差之資訊，並自該資訊導出警告指示符。在最簡單的情況下，警告指示符可為例如二進位布爾型變數，其以二進位方式指定是否存在疑似製程偏差。然而，警告指示符亦可為例如數目，其在製程偏差之計算出的機率愈高時愈高；或向量變數，其另外指示（多個）量測（基於其存在疑似製程偏差）或所偵測到之可能製程偏差之類型。亦可以想到警告指示符之許多其他實施。

【0018】 詳言之，所偵測到之製程偏差可為磨削輪破損。相對應地，警告指示符為指示可能的磨削輪破損的警告指示符。如前言中已經陳述，仍未偵測到的磨削輪破損可導致一生產批次之較大部分必須作為NOK部分被丟棄之情形，且因此在製程監控經組態以輸出指示可能的磨削輪破損的警告指示符時尤其有利。

【0019】 可基於警告指示符自動地觸發不同動作。因此，基於警告指示符，可自動地決定最後經切削之工件作為NOK部分被排除或經送至特殊事後檢查。基於警告指示符，亦有可能觸發光學或聲學警告信號以便提示創成磨削機之操作者執行磨削輪之視覺檢查。

【0020】 若警告指示符指示磨削輪破損，則警告指示符有利地針對磨削輪破損觸發磨削輪之自動檢查。

【0021】 可以各種方式進行此自動檢查。可以想到例如使用光學感測器或

數位相機進行檢查及自動地偵測是否存在磨削輪破損，例如使用數位影像處理方法。出於此目的，亦可以想到檢查在一股冷卻劑衝擊於磨削輪上時產生的磨削輪之聲學發射，且該等發射經由該股冷卻劑傳輸至聲學感測器。然而，諸如創成磨削機上常常在任何情況下均存在之具有修整工具之修整裝置有利地用於自動檢查。在此上下文中，為了檢查磨削輪，有可能僅以目標方式挪動磨削蝸桿螺紋之尖端區域或可進行完整修整行程，諸如在磨削輪之正常修整情況下亦將進行該完整修整行程。

【0022】 若僅挪動尖端區域，則一旦警告指示符指示磨削輪破損，就可特定地執行以下步驟：

在磨削輪之尖端區域上方移動修整工具；

在該尖端區域上方移動期間判定接觸信號，其中該接觸信號指示該修整工具與該磨削輪之該尖端區域之接觸；以及

藉由分析該接觸信號判定破損指示符，該破損指示符指示是否存在磨削輪破損。

【0023】 若磨削蝸桿螺紋之特定區域中未發生接觸，則此為實際上存在磨削輪破損之強烈指示。此由破損指示符指示。

【0024】 修整工具在尖端區域上方之此移動亦可以規則時間間隔進行，無關於警告指示符之值，例如在切削預定義數目之工件之後，以便亦能夠偵測到在切削製程期間監控所量測變數期間仍未偵測到的磨削輪破損。

【0025】 在最簡單的情況下破損指示符同樣可為以二進位方式指示是否存在破損之二進位布爾型變數。然而，亦可以想到破損指示符之複雜得多的實施。詳言之，破損指示符較佳地亦指示沿著磨削輪上之蝸桿螺紋中之至少一者的磨削輪破損之位置。

【0026】 可以各種方式偵測修整工具與磨削輪之尖端區域之接觸。舉例而

言，創成磨削機可包含聲學感測器以便基於在嚙合期間產生之結構振動聲學發射聲學地偵測修整工具與磨削輪之嚙合。接著自使用聲學感測器判定之聲學信號導出接觸信號。若修整工具被夾持於由電動機以旋轉方式驅動之修整心軸上，則接觸信號可替代地或另外自表示修整心軸在尖端區域上方移動期間之功耗的功率信號導出。

【0027】 若破損指示符指示磨削輪破損之存在，則該方法可規定：完全修整磨削輪以便進一步界定磨削輪破損之特徵及/或排除磨削輪破損。

【0028】 然而，如已經陳述，亦可以想到直接進行完全修整操作以便檢查磨削輪是否破損。在此情況下，基於監控此修整操作進行檢查磨削輪是否破損並界定破損之特徵。

【0029】 為了監控修整操作並更詳細地界定磨削輪破損之特徵，有可能在修整期間判定表示修整心軸及/或工具心軸在修整期間之功耗的修整功率信號，且可藉由分析修整功率信號在修整期間之時程而判定破損量度。破損量度反映磨削輪破損之至少一個特性，例如磨削輪破損位於何處及/或受影響的磨削蝸桿螺紋在徑向方向上之受損深度。

【0030】 破損量度可接著用於自動地決定是否可藉由一或多個修整操作適當地排除磨削輪破損。若情況並非如此，則信號可輸出至使用者以表明必須更換磨削輪，或可控制進一步切削，以此方式使得其他工件僅藉由磨削蝸桿之未受損區域切削。

【0031】 用於判定破損量度之修整功率信號之時程之分析可包括以下步驟：判定波動變數，該波動變數指示沿著蝸桿螺紋中之至少一者的修整功率信號之量值之局部改變。舉例而言，此波動變數可准許得出關於磨削輪破損之徑向深度之直接結論。

【0032】 如已經陳述，在此處提出之製程監控之範圍內，判定對於製程偏

差，詳言之對於磨削輪破損之警告指示符，以便在較早時刻獲得可能的製程偏差之指示。可監控各種所量測變數以便判定此警告指示符。

【0033】 詳言之，經監控的所量測變數可包含對於工件在切削之前之齒厚度偏差之偏差指示符。若偏差指示符指示齒厚度偏差超過可接受值或存在其他預切削故障，則相對應地設定警告指示符以便中斷切削，使得可避免對磨削輪之損壞。適當時，可隨後檢查磨削輪是否由於前述工件之不充分預切削而存在可能的破損。

【0034】 偏差指示符此處藉由可已經存在於工具機中之嚙合探針有利地判定、本身已知且被設計成以無接觸方式量測被夾持於工件心軸上之工件之齒間隙。齒厚度量測可接著藉由校準工件校準，且可界定極限值，對於被視為可接受的齒厚度偏差，嚙合探針之信號必須符合該等極限值。例如，以無接觸方式操作之感應式或電容式感測器可用作嚙合探針。在此情況下，嚙合探針因此滿足雙重功能：一方面其在切削開始時用於嚙合，而另一方面其用以判定齒厚度偏差。然而，替代嚙合探針，亦有可能使用單獨感測器以用於判定齒厚度，例如單獨光學感測器，其在高轉速情況下有可能較佳。

【0035】 磨削輪破損之風險之及早指示亦可已經藉助於經監控的所量測變數包含工件心軸之轉速與工件之所得轉速之間的轉速差的事實而獲得。若存在此差異，則此指示工件未恰當地夾持於工件心軸上且因此未恰當地由該心軸夾帶（滑動）。此可導致以下情形：工件在移動成與磨削蝸桿嚙合時未位於正確角度位置中，使得磨削蝸桿螺紋無法恰當地下降至工件之齒間隙中。在此情形下，工件未經恰當地切削，且可存在高切削力，其可如此之高以使得磨削蝸桿嚴重受損。藉由監控工件心軸及工件之轉速，有可能偵測到此情形且理想地已經在工件與磨削蝸桿嚙合之前停止切削製程。仍然有可能避免磨削輪破損。若偵測到轉速偏差，則相對應地設定警告指示符。適當時，基於警告指示符檢查

磨削輪是否損壞。

【0036】 其他相關所量測變數為工件心軸及在切削之前及之後夾持於其上之工件之旋轉角度位置及/或此等旋轉角度位置在切削期間之改變。詳言之，經監控的所量測變數可包含已經藉由該工件心軸在該工件之切削之後之角度位置、該工件自身之對應角度位置、該工件心軸在該工件之切削之前之角度位置及該工件自身之對應角度位置的比較所判定的角度偏差。若此角度偏差指示工件心軸及工件自身在切削之後之角度位置與在切削之前之角度位置之間的角度差彼此不同，則此繼而係工件未恰當地由工件心軸夾帶之指示。此繼而構成相對應地設定警告指示符，且適當時，出於安全性起見，檢查磨削輪是否損壞之原因。

【0037】 此處亦藉由已經提及之嚙合探針有利地判定工件之轉速及/或角度位置。同樣，嚙合探針此處滿足雙重功能：一方面其在切削開始之前用於嚙合，而另一方面其用以監控實際切削製程。然而，替代嚙合探針，亦有可能又使用單獨感測器以用於判定工件之轉速及/或角度位置，例如單獨光學感測器，其高轉速下有可能較佳。

【0038】 嚙合探針可有利地配置於工件之背對磨削輪之一側上。以此方式，磨削輪與嚙合探針之間不存在碰撞且為平行側向配置之夾爪保留足夠的空間以用於處置工件。

【0039】 經監控的所量測變數亦可包含切割功率信號，其指示在處理每一切削個別工件期間之瞬時金屬切割功率。在此情況下，警告指示符可取決於切割功率信號在切削工件過程中之時程。詳言之，切割功率信號在切削期間之脈衝式增大之發生可為工件與磨削蝸桿螺紋之碰撞之指示，這可引起磨削輪破損，且警告指示符可相對應地指示此破損。詳言之，切割功率信號可藉助於工具心軸上之電流量測判定且就此而言可為工具心軸在切削工件期間之瞬時功耗

之量度。

【0040】 判定警告指示符之另一可能方式起因於以下考慮因素：在藉由受損磨削輪切削工件期間，在磨削輪破損區域中材料之移除數量小於磨削輪完好區域中之移除數量。在移位移動過程中，該等工件逐漸移動至磨削輪破損區域中及/或移動至此區域之外。相對應地，每工件之材料之移除數量將相對應地首先降低且接著再次上升。此直接以每工件之所施加金屬切割能量，亦即隨時間推移之金屬切割功率之積分反映。

【0041】 就此而言該方法可包含在磨削輪與該等工件之間沿著工具軸線執行連續或不連續移位移動。經監控的所量測變數可接著包含對於每一工件之切割能量指示符，其中切割能量指示符表示磨削輪在藉由創成磨削機切削各別工件時之經積分的金屬切割功率之量度。警告指示符可接著取決於切割能量指示符在一個生產批次之複數個工件之生產過程中，亦即在工件之間如何變化。

【0042】 詳言之，切割能量指示符可為工具心軸在切削個別工件期間之功耗之積分。然而，切割能量指示符替代地亦可為已經自工具心軸在切削個別工件過程中之功耗導出的另一特性值，例如其可為功耗之適當判定之最大值。

【0043】 為了仍然能夠回顧性地進行分析，若經監控的所量測變數及/或自其導出之變數，詳言之警告指示符與各別工件之明確識別符一起儲存於資料庫中，則為有利的。稍後可在任何時間，例如在切削相同類型之工件之後之範圍內再次讀出此等資料。

【0044】 本發明亦係關於被設計成執行上文所解釋之方法之創成磨削機。出於此目的，其包含：

工具心軸，其上可夾持有具有蝸形輪廓以及一或多個蝸桿螺紋之磨削輪，且可經驅動以圍繞工具軸線旋轉；

至少一個工件心軸，其用於每次驅動一個預有齒工件圍繞工件軸線旋轉；

以及

機器控制器，其被設計成執行上文所解釋之類型之方法。

【0045】 創成磨削機可包含諸如上文在各種方法之上下文中所提及之其他組件。

【0046】 詳言之，創成磨削機可包含偏差判定裝置，以便判定待處理工件之齒厚度之上偏差。如已經提及，詳言之，尺寸判定裝置可接收並評估來自嚙合探針之信號。

【0047】 創成磨削機亦可包含用於判定工件心軸之旋轉角度之第一旋轉角度感測器及用於判定工件圍繞工件軸線之旋轉角度之第二旋轉角度感測器。如已經提及，嚙合探針繼而可充當第二旋轉角度感測器。對應旋轉角度可由旋轉角度判定裝置根據旋轉角度感測器之信號判定，且對應轉速可由轉速判定裝置自該等信號導出。

【0048】 創成磨削機之機器控制器另外可包含切割功率判定裝置以便判定上文所解釋之切割功率信號，及被設計成分析切割功率信號在切削工件期間如何隨時間推移而變化的分析裝置。機器控制器亦可包含切割能量判定裝置以便計算對於每一工件之切割能量指示符，及被設計成分析切割能量指示符在一生產批次之工件之間如何變化的另一分析裝置。此等裝置可使用軟體，例如藉由包含經程式化以執行上述任務之微處理器之機器控制器實施。舉例而言，切割功率判定裝置可被設計成自軸線模組讀出功率信號以用於致動工具心軸，且切割能量判定裝置可被設計成在切削工件過程中整合此等信號。

【0049】 機器控制器亦可包含上文所提及且所量測變數及（適當時）自該等變數導出之變數可與各別工件之明確識別符及（適當時）其他製程參數一起儲存於其中的資料庫。然而，資料庫亦可實施於經由網路連接至機器控制器之單獨伺服器中。

【0050】 機器控制器另外可具有用於輸出警告信號之輸出裝置，例如用於以數位形式將警告信號發射至下游連接之裝置之介面、用於顯示警告信號之顯示器、聲學輸出裝置等。

【0051】 創成磨削機亦可有利地包含上文所提及之修整裝置，且機器控制器可包含修整控制裝置以用於控制修整心軸及修整監控裝置以便判定上文所提及之接觸信號及/或修整功率信號並自信號之時程判定上文所提及之破損指示符或破損量度。此等裝置繼而可使用軟體實施。另外，機器控制器可包含輸出裝置以便輸出破損指示符或破損量度。

【0052】 為了偵測修整工具與磨削輪之接觸，創成磨削機可包含已經提及之聲學感測器。創成磨削機亦可包含用於判定修整心軸之功耗之功率量測裝置及/或用於判定工具心軸之功耗之對應功率量測裝置。出於此目的，舉例而言，對應功率量測裝置可被設計成自軸線模組讀出電流信號以用於致動修整心軸及/或工具心軸。

【0053】 為了進行製程監控，創成磨削機可包含相對應地配置之控制裝置。詳言之，後者可包含已經提及之尺寸判定裝置、旋轉角度判定裝置、轉速判定裝置、切割功率判定裝置、切割能量判定裝置、分析裝置、修整監控裝置、功率量測裝置及輸出裝置。

【0054】 本發明亦提供一種電腦程式。電腦程式包含指令，其促使上文所解釋之類型之創成磨削機中之機器控制器，詳言之機器控制器之一或多個處理器執行上文所解釋之方法。電腦程式可儲存於合適的記憶體裝置中，例如具有伺服器之單獨控制裝置。詳言之，亦提出上面儲存有電腦程式之電腦可讀媒體。該媒體可為非揮發性媒體，例如快閃記憶體、CD、硬碟等。

【圖式簡單說明】

【0055】 下文參考僅僅用於解釋而並不以限制性方式組態之圖式描述本發明之較佳具體實例。在圖式中：

[圖1]展示創成磨削機之示意圖；

[圖2]展示來自圖1之區域II中之放大細節；

[圖3]展示來自圖1之區域III中之放大細節；

[圖4]展示一或多個蝸桿螺紋中具有破損之磨削輪之四個像片；

[圖5]展示受損齒輪之像片；

[圖6]展示藉助於實例指示在兩個工件之良好預切削及較差預切削（齒厚度上偏差之波動）情況下嚙合探針之特性信號的圖；

[圖7]展示在部分（a）中展示工件心軸之轉速在上升至工作轉速期間之時程並在部分（b）中展示嚙合探針在工件之不完全夾帶情況下之所得信號的圖；

[圖8]展示展示當磨削輪移動成與未位於正確角度位置之工件接觸時工具心軸之功耗在切削工件期間之時程的圖；

[圖9]展示展示在不具有破損之情況下及在磨削輪之較大破損之情況下工具心軸之功耗在切削工件期間之時程的圖；

[圖10]展示展示在磨削輪具有較大破損之情況下工具心軸之平均功耗在切削一生產批次內之工件期間之時程的圖；

[圖11]展示藉助於實例展示在具有破損之磨削輪之尖端修整期間聲學信號之時程的圖；

[圖12]展示（a）對於不具有破損之磨削輪及（b）對於具有破損之磨削輪展示修整心軸之功耗之時程的兩個圖；

[圖13]展示展示在具有破損之磨削輪之修整期間修整心軸之功耗之時程（部分（a））及工具心軸之功耗之時程（部分（b））的兩個圖；

[圖14]展示用於製程監控以便在較早時刻偵測磨削輪破損之方法的流程

圖；且

[圖15]展示在偵測到磨削輪破損之後的其他製程的流程圖。

【實施方式】

創成磨削機之例示性設計

【0056】 圖1藉助於實例說明創成磨削機1。該機器具有機床11，在其上導引工具載體12以便可沿著進料方向X移動。工具載體12帶有軸向托架13，其經導引以便可沿著軸向方向Z相對於工具載體12移動。磨削頭部14安裝在軸向托架13上，且為了調適至待處理齒輪之螺旋角度，其可圍繞平行於X軸延行之樞轉軸線（所謂的A軸）樞轉。磨削頭部14繼而帶有移位托架，工具心軸15可在其上沿著移位軸線Y相對於磨削頭部14移動。具有蝸形輪廓之磨削輪16被夾持於工具心軸15上。磨削輪16由工具心軸15驅動以圍繞工具軸線B旋轉。

【0057】 機床11亦帶有呈可在至少三個位置之間圍繞軸線C3樞轉之可旋轉塔形式之可樞轉工件載體20。在直徑上彼此相對之兩個相同工件心軸安裝在工件載體20上，其中僅一個工件心軸21在圖1中可見具有相關聯尾座22。在圖1中可見之工件心軸位於切削位置中，在該切削位置，被夾持於其上之工件23可藉由磨削輪16切削。偏移180°配置之其他工件心軸（在圖1中不可見）位於工件更換位置中，在該工件更換位置，完全經切削之工件可自此心軸移除且新坯料可夾持於心軸上。相對於工件心軸偏移90°安裝修整（整形）裝置30。

【0058】 創成磨削機1之所有驅動軸線由機器控制器40以數位方式控制。機器控制器40自創成磨削機1中之大量感測器接收感測器信號並根據此等感測器信號將控制信號發射至創成磨削機1之致動器。詳言之，機器控制器40包含複數個軸線模組41，其在其輸出處提供在每種情況下用於一個機器軸線（即，用於用以驅動各別機器軸線之至少一個致動器，例如伺服馬達）的控制信號。機

器控制器40進一步包含操作者控制面板43以及具有控制電腦之控制裝置42，控制裝置42與操作者控制面板43及軸線模組41交互。控制裝置42自操作者控制面板43接收操作指令以及接收感測器信號並自其計算用於軸線模組之控制指令。其亦基於感測器信號將操作參數輸出至操作者控制面板43以供顯示。

【0059】 伺服器44連接至控制裝置42。控制裝置42將每一工件之明確識別符及所選操作參數（詳言之所量測變數及自其導出之變數）傳送至伺服器44。伺服器44將此資料儲存於資料庫中，使得隨後可針對每一工件擷取相關聯操作參數。伺服器44可配置於機器內部或可配置於機器遠端。在後一情況下，伺服器44可經由網路，詳言之經由公司內部LAN、經由WAN或經由網際網路連接至控制裝置42。伺服器44較佳地被設計成接收並管理來自單一創成磨削機之資料。當使用複數個創成磨削機時，通常使用第二伺服器，因為以此方式，可進行對所儲存資料之中心存取及對較大數量之資料之較佳處置。另外，在第二伺服器上此資料可較佳地受保護。

【0060】 圖2以放大形式說明來自圖1之細節II。有可能參見將磨削輪16夾持於其上之工具心軸15。量測探針17以可樞轉方式安裝在工具心軸15之固定部分上。此量測探針17可視需要在圖2中之量測位置與停放位置之間樞轉。在量測位置中，量測探針17可用於以接觸方式量測工件心軸21上工件23之齒。此係「在線」進行，亦即在工件23仍然位於工件心軸21上時。因此，可在較早時刻偵測到切削故障。在停放位置中，量測探針17在受保護以防與工件心軸21、尾座22、工件23及工件載體20上之其他組件碰撞的範圍內。在切削工件期間，量測探針17處於停放位置。

【0061】 嚙合探針24配置於工件23之背對磨削輪16之一側上。在本實例中，嚙合探針24根據文獻WO 2017/194251 A1經組態及配置。明確地參考相對於作用方法及嚙合探針之配置所指定之文獻。詳言之，嚙合探針24可包含以感應

或電容方式操作之近接感測器，如自先前技術所熟知。然而，亦可以想到使用以光學方式操作之感測器用於嚙合操作，其例如引導待量測齒輪上之光束並偵測自其反射之光或在待量測齒輪圍繞工件軸線C1旋轉時偵測光束由於該齒輪之中斷。另外，可以想到一或多個其他感測器配置於嚙合探針24上，該等感測器可直接獲取關於工件之製程資料，如例如US 6,577,917 B1中已經提出。此類其他感測器可包含例如用於第二齒輪之第二嚙合感測器、溫度感測器、另一聲學發射感測器、氣動感測器等。

【0062】 另外，在圖2中僅僅以符號方式指示聲學感測器18。聲學感測器18用以獲取在工件之磨削切削期間及在磨削輪之修整期間所產生的工具心軸15之結構振動聲音。實際上，聲學感測器通常將不配置予殼體部分上（如圖2中所指示）而是例如配置於工具心軸15之驅動馬達之定子正上方，以便確保聲音之高效傳輸。指定類型之聲學感測器或結構振動聲音感測器本身熟知且按慣例使用於創成磨削機中。

【0063】 冷卻劑噴嘴19將一股冷卻劑引導至切削區中。為了記錄經由此股冷卻劑傳輸之雜訊，可提供另一聲學感測器（未說明）。

【0064】 在圖3中以放大形式說明來自圖1之細節III。修整裝置30此處尤其顯眼。上面夾持有圓盤形修整工具33之修整心軸32配置於樞轉驅動器31上，以便可圍繞軸線C4樞轉。替代地或另外，可提供固定修整工具，詳言之在此項技術中被稱為尖端修整裝置，其被提供成僅與磨削輪之蝸桿螺紋之尖端區域嚙合，以便修整此等尖端區域。

一工件批次之切削

【0065】 為了切削仍然未經切削之工件（坯料），藉由自動工件變換器將工件夾持於位於工件更換位置之該工件心軸上。工件更換與位於切削位置之其他工件心軸上另一工件之切削同時進行。當新近待切削工件被夾持於其上且結

束另一工件之切削時，工件載體20圍繞C3軸線樞轉180°，使得具有新近待切削工件之心軸移動至切削位置中。在樞轉製程之前及/或期間使用對應嚙合探針進行嚙合（中心調整）操作。為此，旋轉工件心軸21且使用嚙合探針24來量測工件23之齒間隙之位置。在此基礎上判定橫搖角。另外，關於齒厚度上偏差及其他預切削故障之過度變化之指示可甚至在切削開始之前使用嚙合探針導出。此在下文結合圖6更詳細地解釋。

【0066】 當帶有待切削工件23之工件心軸已到達切削位置時，藉由沿著X軸移動工件載體12來移動工件23而不會發生碰撞以與磨削輪16嚙合。接著以與磨削輪16滾動嚙合形式切削工件23。在此時間期間，工具心軸15沿著移位軸Y連續緩慢地移位以便連續地允許磨削輪16之仍然未用區域在切削（所謂的移位移動期間）投入使用。一旦結束工件23之切削，視需要使用量測探針17在線量測工件。

【0067】 與切削同時地，完全經切削工件自其他工件心軸移除，且另一坯料被夾持於此心軸上。每次工件載體圍繞C3軸線樞轉時，在樞轉之前或在樞轉時間內，亦即以時間中性方式監控所選組件，且在滿足所有界定要求之前不繼續進行切削製程。

【0068】 若在切削特定數目之工件之後，磨削輪16之使用已經發展到磨削輪太鈍及/或側面幾何形狀太不精確的程度，則接著修整磨削輪。出於此目的，工件載體20樞轉±90°使得修整裝置30移動至一位置中，在該位置，修整裝置與磨削輪16相對。接著藉由修整工具33修整磨削輪16。

磨削輪破損

【0069】 磨削輪破損可發生在切削期間。圖4說明磨削蝸桿上磨削輪破損51之各種形式。在部分（a）中，單一蝸桿螺紋在某一角範圍內幾乎完全破損。相比之下，在部分（b）中，複數個蝸桿螺紋在其尖端區域中之大量各個點處局

部受損。部分 (c) 中亦存在複數個局部受損區，但此等區深於部分 (b) 中之區。在部分 (d) 中，磨削輪在兩個區中嚴重受損，其中複數個鄰近蝸桿螺紋在此等區域中幾乎完全破損。所有損壞情形實際上均可發生且在切削工件期間具有不同效應。

【0070】 圖5說明不當切削之齒輪。所有齒52在其尖端區域中均受損，因為齒輪被置放成在不正確角度位置處與磨削輪嚙合，使得磨削輪螺紋可能未恰當地嚙合於齒輪之齒間隙中。若已經不當地進行嚙合操作或若齒輪在工件心軸上升至其操作轉速期間未恰當地經夾帶，則可發生此情形。該情形不僅頻繁地導致對齒輪之損壞而且導致磨削輪之嚴重磨削輪破損。亦應儘早地偵測及防止該情形。

經由製程監控之可能磨削輪破損之指示

【0071】 為了儘可能防止磨削輪破損或為了能夠在較早時刻偵測到已發生之破損，在一生產批次之切削期間連續地監控各種操作參數。該等參數或自其導出之變數另外儲存於資料庫中以便能夠執行後續分析。在本上下文中，工具心軸、工件心軸及修整心軸之轉速、角度位置及功耗值，工件自身之轉速及角度位置，嚙合探針之信號，及機器之線性軸線之位置具有特定重要性。在圖1至圖3中之例示性具體實例中，控制裝置42用於監控。詳言之，監控創成磨削機之下文論述之操作參數：

(a) 使用嚙合探針判定預切削故障

【0072】 圖6說明諸如自嚙合探針24接收到之典型信號。此等信號為二進位信號，其在齒尖端區域位於嚙合探針之前時指示邏輯一且在齒間隙位於嚙合探針之前時指示邏輯零。自其導出之嚙合探針之信號之脈衝寬度 P_b 及/或脈衝占空因數為齒厚度及因此所量測厚度與所要厚度之間的偏差之量度（「偏差指示符」）。在圖6之部分 (a) 中，脈衝寬度 P_b 較小，這指示較小（有可能甚至為負）

偏差，而在部分 (b) 中，脈衝寬度 P_b 較大，這指示較大 (有可能過大) 偏差。出於說明之目的，此處有意地以誇示形式說明脈衝寬度 P_b 之變化。

【0073】 因此，可根據嚙合探針 24 之信號模式關於每一齒之偏差得出直接結論。可自該等結論導出關於預切削故障，諸如過大偏差或不規則偏差之指示。

【0074】 控制裝置 42 接收嚙合探針之信號並自其導出警告指示符，其指示是否存在關於預切削故障之指示。若情況如此，則在工件 23 與磨削輪 16 之間發生接觸之前停止切削，以便防止對磨削輪 16 之損壞。另外，可觸發警告指示符以檢查磨削輪是否由於前述工件而損壞。

(b) 監控工件心軸及工件之轉速

【0075】 圖 7 說明工件心軸 21 之轉速 n_w 及夾持於其上之工件 23 之所得轉速如何彼此進行比較。工件心軸 21 之轉速 n_w 可直接自機器控制器讀出 (圖 7 之部分 (a))。相比之下，工件之轉速繼而使用嚙合探針 24 判定。就此而言，圖 7 在部分 (b) 中展示諸如藉由嚙合探針 24 接收之典型信號。在本實例中，該等信號具有持續減小之週期長度 P_d ，同時工件心軸已經達到所要轉速。該等信號因此指示工件 23 在工件心軸 21 已經達到其所要轉速時仍然加速。在本實例中，工件 23 因此未恰當地夾帶於工件心軸 21 上。

【0076】 若超過在工件夾持底座 (諸如孔及平面) 之預切削期間之容差值，則可發生此情況。工件之夾帶通常以所界定摩擦嚙合形式發生；亦即經由加寬筒夾夾頭將摩擦轉矩作用於工件孔上，且藉助於軸向接觸按壓力在兩個平面上產生徑向摩擦力。然而，若工件孔太大及/或若平面太傾斜，則此摩擦嚙合減小且超出臨界值，工件心軸與工件之間產生滑動。

【0077】 若工件之轉速與工件心軸之轉速之間的偏差經判定，則適於立即停止進一步切削以便防止對磨削輪 16 之損壞。由於無法排除已經對磨削輪 16 造成損壞，因此另外適於檢查磨削輪 16 是否損壞。

【0078】 出於此目的，控制裝置42監控來自經指派軸線模組41之嚙合探針24之信號及工件心軸之轉速信號。在存在偏差之情況下，控制裝置42設定警告指示符。基於警告指示符在工件23與磨削輪16之間發生接觸之前停止切削。另外，可觸發警告指示符以檢查磨削輪是否由於前述工件而損壞。

(c) 監控工件心軸及工件之旋轉角度

【0079】 作為比較轉速之替代方案或除比較轉速之外，亦有可能在切削之前及之後進行工件心軸與相關聯工件之旋轉角度之比較。此處，偏差之存在亦指示存在滑動且適於檢查磨削輪16是否存在可能的損壞。相對應地，控制裝置42在此情況下亦設定警告指示符。

(d) 監控瞬時金屬切割功率

【0080】 在圖8中說明在較早時刻偵測到可能的磨削輪破損之另一可能方式。圖式以量測曲線61展示在切削個別工件期間隨時間而變的工具心軸之功耗 I_s 。工具心軸之功耗（電流消耗） I_s 為瞬時金屬切割功率之直接指示符。就此而言，其可被視為切割功率信號之實例。

【0081】 在本實例中，曲線61展示此功耗在切削開始時之突然急劇上升及隨後急劇下降。此指示工件之齒中之一者與磨削輪16之蝸桿螺紋之碰撞已發生。在此情況下，亦適於立即停止進一步切削並檢查磨削輪16是否存在可能的損壞。控制裝置42同樣設定對應警告指示符。

(e) 監控每工件之金屬切割能量

【0082】 可能的磨削輪破損之（即使相對較遲）偵測的另一可能性為監控已經用於每一工件之金屬切割切削之能量（「金屬切割能量」）。此能量為在切削各別工件期間材料之切割數量之量度。在藉由由於破損而受損之磨削蝸桿區域進行切削期間，材料之切割數量通常小於在藉由未受損磨削蝸桿區域進行切削期間。因此，有可能藉由監控每工件之金屬切割能量獲得可能的磨削輪破損之

指示。

【0083】 此更詳細地說明於圖9及圖10中。圖9以量測曲線62展示在藉由未受損磨削蝸桿切削個別工件期間隨時間而變的工具心軸之功耗 I_s 。另一方面，量測曲線63說明在藉由較大破損之區域中之磨削蝸桿進行切削期間功耗之時程。由於破損，金屬切割功率及因此工具心軸之功耗大大減小。在用於切削個別工件所需的時間週期期間功耗之積分（亦即各別量測曲線下方之區）為用於工件之總體金屬切割能量之量度，亦即用於每工件之材料之切割數量之金屬切割能量的量度。在磨削輪破損區域中進行切削期間，此積分小於在磨削輪之未受損區域之切削期間。

【0084】 替代功耗之積分，其他變數亦可用作總體金屬切割能量之量度，例如均值、最大值（適當時在平滑化操作之後以便排除雜散值）或擬合至電流時程之預定義形式之結果。總體金屬切割能量之量度在本上下文中亦被稱作切割能量指示符。

【0085】 圖10說明在磨削輪受損時在切削期間工具心軸之平均功耗 I_{av} 在N個工件之間如何變化。切削以具有較大中心破損之磨削輪開始。在切削循環開始時，藉由磨削輪之第一未受損端切削該等工件。在切削過程中，連續移位磨削輪使得具有破損之區域逐漸用於切削。在循環即將結束之際，磨削輪之亦未受損之相對端與工件嚙合。相對應地，工具心軸之平均功耗 I_{av} 首先降低，之後在循環即將結束之際接著再次升高。此產生第一至第N個工件之間平均功耗 I_{av} 之特性時程。

【0086】 在每種情況下循環均結束在點65處，修整磨削輪且開始新循環。在修整期間，受損蝸桿螺紋逐漸恢復使得平均功耗 I_{av} 之變化在後續循環中變得愈來愈小。

【0087】 諸如已經藉助於圖10中之實例說明的電流之時程64可因此評估

為磨削輪破損之指示符。為了檢查實際上是否存在破損，此處亦適於停止切削並檢查磨削輪是否存在可能的損壞。出於此目的，控制裝置42在此情況下亦設定對應警告指示符。

自動檢查磨削輪是否破損

【0088】 可自動地藉助於在磨削輪上方在其蝸桿螺紋之尖端區域中移動修整工具且偵測到磨削輪與修整工具之間的接觸的事實檢查磨削輪是否存在可能的損壞。

【0089】 可以聲學方式進行接觸之偵測，如圖11中所說明。舉例而言，聲學信號 V_a 之時程（諸如可在修整工具有意地僅與蝸桿螺紋之尖端區域接觸的修整製程期間例如藉由圖2中所指示之聲學感測器18判定）藉助於實例被說明為量測曲線71。該信號指示修整裝置何時移動成與尖端區域嚙合及與該等區域脫離嚙合。在未受損磨削輪情況下，將預期週期性信號。另一方面，若信號具有間隙，如圖11中之間隙72，則此指示蝸桿螺紋中之破損。

【0090】 替代地，修整製程亦可直接以自動方式開始，如下文描述，由於甚至在修整情況下亦可可靠地偵測到是否存在磨削輪破損。然而，不利地，在修整情況下，必須使用明顯較低之磨削輪轉速且因此對於此控制量度之非生產時間略微延長。

【0091】 亦可以想到用於自動地檢查磨削輪是否損壞之其他方法。因此，例如有可能藉由光學感測器檢查磨削輪是否損壞，或有可能在來自冷卻劑噴嘴19之該股冷卻劑衝擊於磨削輪上時使用由該股冷卻劑產生的雜訊檢查磨削輪是否損壞。藉助於該股冷卻劑量測結構振動聲音本身已知（參見例如Klaus Nordmann,「Prozessüberwachung beim Schleifen und Abrichten[在磨削及修整時之製程監控（Process monitoring when grinding and dressing）]」, Schleifen+Polieren 05/2004, Fachverlag Moller, 費爾貝特市（德國），第52至56頁），但其尚未用於

偵測磨削輪破損。

磨削輪破損之進一步特徵界定

【0092】 若已經以此方式可靠地確認了破損，則適於完全修整磨削蝸桿且同時進一步判定破損之特性及/或排除破損。此說明於圖12及圖13中。

【0093】 圖12說明在修整期間可如何藉助於電流之量測更詳細地界定磨削輪破損之特徵。圖12在部分（a）中展示量測曲線81，其說明在磨削輪已均勻地磨損且不具有任何破損時在磨削輪之修整期間隨時間而變的修整心軸之功耗 I_d 之典型時程。量測曲線81始終在較低包絡曲線82上方。在部分（b）中，針對具有單一較深破損之磨削輪說明功耗 I_d 之時程。在修整工具在磨削輪破損區域中操作之時間週期中，功耗 I_d 展示強烈波動，詳言之強烈下降。

【0094】 在最簡單的情況下，此類波動可藉由監控功耗值是否降至低於較低包絡曲線82之事實來偵測。在情況如此的區域中，有可能推斷出存在磨削輪破損。然而，當然，亦有可能使用較精煉方法來偵測功耗之波動。舉例而言，可形成功耗之均值83且可監控在下游方向上（此處：在最小值84之情況下）及/或在上游方向上（此處：在最大值85之情況下）與該均值之偏差是否處於某一容差範圍內。無論在每種情況下如何進行波動之偵測，沿著各別蝸桿螺紋之破損之位置可基於發生波動之時間或旋轉角度來推斷。蝸桿螺紋之損壞程度可自波動量值推斷。

【0095】 圖13說明不僅修整心軸之功耗而且工具心軸之功耗可用於界定磨削輪破損之特徵。在部分（a）中，說明修整心軸之功耗 I_d 之時程，而在部分（b）中，說明在具有破損之磨削輪之修整期間工具心軸之功耗 I_s 之時程。顯而易見，不僅修整心軸之功耗而且工具心軸之功耗在破損區域中進行修整之時間週期中呈現波動。然而，此等波動在修整心軸之功耗情況下較明顯，使得通常修整心軸之功耗優於工具心軸之功耗較佳作為所量測變數來界定磨削輪破損之

特徵。

【0096】 以此方式進行特徵界定之磨削輪破損可經由（有可能重複）修整排除。若破損極大且藉由修整排除破損將需要過多時間，則亦可適於省掉其他修整製程且替代地更換受損磨削輪或僅在其未受損區域中使用磨削蝸桿以供進一步切削工件。

用於自動製程控制之方法之實例

【0097】 圖14及圖15藉助於實例說明實施以上概念之自動製程控制之可能方法。

【0098】 在切削製程110中，藉由創成磨削機依次切削一工件批次之工件。在每一工件之切削111之前及在該切削期間，尤其上文所解釋之所量測變數在監控步驟112中經判定及監控。詳言之，嚙合探針之信號之脈衝寬度 P_b 經監控以便判定是否存在預切削故障。另外，監控工件心軸之轉速 n_w 與工件之轉速 n_A 之間的差以絕對值計是否大於（較小）臨限值 n_t 。另外，監控工件心軸之角度變化 $\Delta_{\phi w}$ 與工件之角度變化 $\Delta_{\phi A}$ 之間的差在切削過程中以絕對值計是否大於（較小）臨限值 $\Delta_{\phi t}$ 。另外，針對每一工件監控工具心軸之功耗 $I_s(t)$ 之時程，並監控 N 個工件之間平均心軸電流 $I_{av}(N)$ 之變化。在步驟113中根據此等監控操作之結果連續判定警告指示符 W 。

【0099】 基於警告指示符，在決策步驟114中自動地進行以下決策：

1. 若警告指示符並不指示任何問題（例如只要其低於臨限值 W_t ），則通常繼續進行工件之切削。
2. 若警告指示符指示可能的問題，則暫時停止工件之切削。基於警告指示符，決定是否立即排除該工件（此例如在警告指示符指示工件之故障預切削或經夾持連接之滑動時為適合的），或是否將首先進行磨削輪之檢查。

【0100】 隨後，在步驟120中檢查磨削輪是否存在可能的破損。在本實例

中，出於此目的，在步驟121中，在磨削蝸桿螺紋之尖端區域上方移動修整工具。在步驟122中，藉由聲學量測或功率量測判定修整工具與磨削蝸桿之間是否存在接觸，並相對應地輸出接觸信號。在步驟123中，根據接觸信號之時程判定破損指示符A。在決策步驟124中，檢查破損指示符A是否超過預定臨限值 A_t 。

【0101】 若情況並非如此，則繼續進行工件之切削。在此情況下，適當時，再次減小切割功率以便降低警告指示符指示後續工件上之可能問題之機率。

【0102】 若另一方面，破損指示符超過臨限值，則更詳細地界定磨削輪破損之特徵且適當時在製程130中排除。出於此目的，大體上藉由複數個修整行程修整磨削輪（步驟131），且在修整期間，針對每一修整行程判定修整功率信號（步驟132）。在每一修整行程處，根據修整功率信號判定破損量度M（步驟133）。在決策步驟134中，檢查破損量度M是否指示破損可適當地排除。若情況並非如此，則在決策步驟136中，檢查破損是否限於磨削輪之足夠小的區域使得仍然可藉由磨削輪之未受損區域進行切削。若此亦不太可能，則在步驟137中，指示操作者更換磨削輪。若另一方面，破損量度M指示有可能適當地藉由修整排除破損，則在決策步驟135中，檢查最後進行之修整製程是否已經足以排除破損。若情況如此，則繼續進行切削（步驟138）。否則，重複特徵界定及排除製程130直至破損量度M指示已經足夠排除破損並再次繼續切削。

【0103】 總體而言，因此有可能針對每一工件關於是否可進行切削或當對已經進行之切削有懷疑時是否應單獨檢查自動地、迅速地且可靠地進行決策。

修改

【0104】 儘管上文已經參考較佳例示性具體實例解釋本發明，但本發明絕不限於此等實例且在不脫離本發明之範圍之情況下各種修改為可能的。舉例而言，創成磨削機亦可與上文所描述之實例以不同方式建構，如所屬技術領域中具有通常知識者所熟知。當然，所描述方法亦可包含用於監控及作決定之其他

量度。

其他考慮因素

【0105】 綜上所述，本發明係基於以下考慮因素：

【0106】 不管在創成磨削期間之複雜度如何，穩固製程控制為自動化生產之目標，其在不中斷且迅速之情況下儘可能提供所需品質。另外，其適合於指派給以自動化方式產生之關於每一齒輪之切削及最終品質的每一齒輪文件。為了在「按下按鈕」時對所有相關生產步驟之可靠可追蹤性及為了概括製程最佳化及/或效率之改善，應提供在線資料。

【0107】 本發明因此採用各種手段來確保製程偏差，詳言之各種量值之破損之指示可被偵測到且輸出警告信號。詳言之，可基於嚙合探針之信號或藉助於工具心軸處之電流值之量測來判定警告信號。

【0108】 警告信號可立即停止切削，且完全或部分地經切削之工件適當時藉助於處置裝置作為NOK部分被自動地排除，且控制裝置在有缺陷情況下判定並視需要儲存磨削蝸桿之移位位置（Y位置）。接著，檢查磨削輪是否存在破損。出於此目的，在磨削心軸之工作轉速下，藉由修整裝置修整磨削蝸桿之尖端區域之最小絕對值，且同時感測聲學信號之電流及/或信號以便可靠地偵測破損。替代地，藉由另一方法進行破損檢查，例如藉助於一股冷卻劑或藉助於完全修整行程光學地、聲學地進行。此製程亦可藉由嚙合探針以所界定時間間隔且在不具有警告信號之情況下執行，因為以此方式有可能偵測到磨削蝸桿上由於不當切削工件尚未形成之相對較小破損。若此量測偵測到破損，則控制裝置進行以下決策：

進一步切削該生產批次並封鎖磨削蝸桿上之受損區域以防止進一步切削；

修整磨削蝸桿且接著有可能亦在減小之金屬切割值之情況下執行進一步切削；或

更換磨削蝸桿並藉由新磨削蝸桿完成該生產批次之切削。

【0109】 在磨削輪之修整期間，應注意，通常在用於該生產批次之設定之情況下執行第一修整行程。在較大及極大破損之情況下，較長修整時間接著可變得必要。在此上下文中，自適應或自學習的修整可以節省大量的時間，並且可以避免同樣耗時的磨削蝸桿之更換。

【0110】 然而，若此量測在磨削蝸桿上並未偵測到破損（即使警告信號已經判定），則控制裝置進行以下決策：

在減小之金屬切割值情況下進一步切削該生產批次；或
停止切削該生產批次並告知操作者。

【0111】 出於此目的，在磨削及修整期間一生產批次之自動製程監控可藉助於CNC創成磨削機利用用於使用具有連接伺服器之單獨控制裝置運輸工件的周邊自動化技術進行。控制裝置以此方式經組態使得較佳地，對於一生產批次之每一工件，創成磨削機之所有感測器資料，對應設定及切削值（較佳地在工具心軸、工件心軸及修整心軸處之功率值），及嚙合探針之信號連續經感測並儲存於伺服器中。在此情況下，視需要有可能在每次自動執行的工件更換時進行時間中性組件監控，若沒有異議，則監控將清除切削。尤其，亦判定切割功率信號及切割能量指示符，該信號及指示符與控制裝置中之其他資料相關，且在切削第一工件之後亦與伺服器中所儲存之資料相關。接著可在較早時刻輸出警告指示符。

【符號說明】

【0112】

1: 創成磨削機

11: 機床

- 12: 工具載體
- 13: 軸向托架
- 14: 磨削頭部
- 15: 工具心軸
- 16: 磨削輪
- 17: 量測探針
- 18: 聲學感測器
- 19: 冷卻劑噴嘴
- 20: 工件載體
- 21: 工件心軸
- 22: 尾座
- 23: 工件
- 24: 嚙合探針
- 31: 樞轉裝置
- 32: 修整心軸
- 33: 修整工具
- 40: 機器控制器
- 41: 軸線模組
- 42: 控制裝置
- 43: CNC操作者控制面板
- 44: 伺服器
- 51: 磨削輪破損
- 52: 齒
- 61: 量測曲線

- 62: 量測曲線
- 63: 量測曲線
- 64: 電流之時程
- 65: 修整時間
- 71: 量測曲線
- 72: 間隙
- 81: 量測曲線
- 82: 包絡曲線
- 83: 均值
- 84: 最小值
- 85: 最大值
- 110: 切削製程
- 111: 工件之切削
- 112: 監控
- 113: W之判定
- 114: 決策步驟
- 120: 破損偵測製程
- 121: 挪動
- 122: 接觸信號之判定
- 123: A之判定
- 124: 決策步驟
- 130: 特徵界定/移除
- 131: 修整
- 132: 修整功率之判定

- 133: M之判定
- 134: 決策步驟
- 135: 決策步驟
- 136: 決策步驟
- 137: 磨削輪之更換
- 138: 進一步切削
- a. u.: 任意單位
- A: 破損指示符
- A_i : 破損指示符之臨限值
- B: 工具軸線
- C1: 工具軸線
- C3: 工件載體之樞轉軸線
- C4: 修整裝置之樞轉軸線
- I_{av} : 工具心軸之平均功耗
- I_d : 修整心軸之功耗
- I_s : 工具心軸之功耗
- M: 破損量度
- n_A : 工件轉速
- n_i : 轉速差之臨限值
- n_w : 工件心軸之轉速
- N: 批次中工件之數目
- Pb: 嚙合信號/齒之脈衝寬度
- Pd: 嚙合信號/齒之信號週期之持續時間
- t: 時間

V_a : 聲學信號

W : 警告指示符

W_i : 警告指示符之臨限值

X : 進料方向

Y : 移位軸

Z : 軸向方向

$\Delta_{\phi A}$: 工件角度之變化

$\Delta_{\phi t}$: 角度變化差異之臨限值

$\Delta_{\phi W}$: 工件心軸之角度變化

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種用於在藉由一創成磨削機（1）之預有齒工件（23）之連續創成磨削時自動化製程控制之方法，

該創成磨削機（1）包含一工具心軸（15）及至少一個工件心軸（21），具有一蝸形輪廓以及一或多個蝸桿螺紋之一磨削輪（16）被夾持於該工具心軸（15）上，該磨削輪（16）可圍繞一工具軸線（B）旋轉，且該等工件（23）經調適成夾持於該至少一個工件心軸（21）上，

其中該方法包含：

藉由該創成磨削機（1）切削該等工件（23），其中為了該切削，該等工件（23）被夾持於該至少一個工件心軸（21）上且依次移動成與該磨削輪（16）創成嚙合；及

在該等工件（23）之該切削期間監控至少一個所量測變數，

其特徵在於自該至少一個經監控的所量測變數判定對於一不可接受的製程偏差之一警告指示符（W），

其中該警告指示符（W）為對於一磨削輪破損（19）之一警告指示符，及

其中若該警告指示符（W）指示一磨削輪破損（19），則針對一磨削輪破損（19）自動地檢查該磨削輪（16）。

【請求項2】如請求項1之方法，其中該創成磨削機（1）包含具有一修整工具（33）之一修整裝置（30），且其中針對一磨削輪破損（19）對該磨削輪（16）之該自動檢查包含以下步驟：

在該磨削輪（16）之一尖端區域上方移動該修整工具（33）；

在該尖端區域上方之該移動期間判定一接觸信號，該接觸信號指示該修整工具（33）與該磨削輪（16）之該尖端區域之接觸；以及

藉由分析該接觸信號判定一破損指示符（A），該破損指示符（A）指示是

否存在一磨削輪破損 (19)。

【請求項3】如請求項2之方法，其中該創成磨削機包含一聲學感測器 (18) 以便聲學地偵測該修整工具 (33) 與該磨削輪 (16) 之該嚙合，且其中該接觸信號包含使用該聲學感測器 (18) 判定之一聲學信號 (V_a)。

【請求項4】如請求項2或3之方法，其中該修整裝置 (30) 包含上面夾持有該修整工具 (33) 之一修整心軸 (32)，且其中該接觸信號包含表示該修整心軸 (32) 在該尖端區域上方之該移動期間之功耗之一尖端修整功率信號。

【請求項5】如請求項2或3之方法，其中該破損指示符 (A) 指示沿著該磨削輪 (16) 之該等蝸桿螺紋中之至少一者之該磨削輪破損 (19) 之一位置。

【請求項6】如請求項2之方法，其中該方法包含：

若該破損指示符(A)指示一磨削輪破損(19)之存在，則修整該磨削輪(16)。

【請求項7】如請求項1之方法，其中該創成磨削機 (1) 包含具有一修整工具 (33) 之一修整裝置 (30)，且其中針對一磨削輪破損 (19) 對該磨削輪 (16) 之該自動檢查包含藉由至少一個修整行程修整該磨削輪 (16)。

【請求項8】如請求項6或7之方法，其中該方法包含：

在該修整期間判定一修整功率信號，其中該修整功率信號表示該修整心軸 (32) 或工具心軸 (15) 在該修整期間之該功耗；

藉由分析該修整功率信號在該修整期間之一時程而判定一破損量度 (M)，該破損量度 (M) 反映該磨削輪破損之至少一個特性；以及

取決於該破損量度 (M)，重複對該磨削輪之該修整。

【請求項9】如請求項8之方法，其中對該修整功率信號之該時程之該分析包括：

判定一波動變數，其中該波動變數指示該修整功率信號沿著該等蝸桿螺紋中之至少一者之量值之局部改變。

【請求項10】如請求項1至3、6及7中任一項之方法，

其中該至少一個經監控的所量測變數包含對於在該切削之前該工件（23）之齒厚度之一上偏差的一偏差指示符（ P_b ）；且/或

其中該至少一個經監控的所量測變數包含該工件心軸（21）之一轉速（ n_A ）與該工件（23）之一所得轉速（ n_w ）之間的一轉速差，且/或

其中該至少一個經監控的所量測變數包含已經藉由該工件心軸（21）在該工件（23）之該切削之後之一角度位置、該工件（23）自身之一對應角度位置、該工件心軸（21）在該工件之該切削之前之一角度位置及該工件自身之一對應角度位置的一比較所判定的一角度偏差。

【請求項11】如請求項10之方法，其中該創成磨削機包含用於以一無接觸方式判定被夾持於該至少一個工件心軸（21）上之一工件（23）之一角度位置的一嚙合探針（24），且其中藉由該嚙合探針（24）感測該偏差指示符（ P_b ）、該工件（23）之該轉速及/或該各別角度位置。

【請求項12】如請求項1至3、6及7中任一項之方法，其中該至少一個經監控的所量測變數包含指示在每一個別工件（23）之該切削期間之一瞬時金屬切割功率的一切割功率信號，且其中該警告指示符（ W ）取決於在一工件之該切削過程中該切割功率信號之該時程，詳言之取決於在該切削期間該切割功率信號之一脈衝式增大之發生。

【請求項13】如請求項12之方法，其中該切割功率信號為在一工件（23）之該切削期間該工具心軸（15）之瞬時功耗（ I_s ）之一量度。

【請求項14】如請求項1至3、6及7中任一項之方法，

其中該方法包含在該磨削輪（16）與該等工件（23）之間沿著該工具軸線（B）執行一連續或不連續移位移動；

其中該至少一個經監控的所量測變數包含每一工件（23）之一切割能量指

示符 (I_{av})，

其中該切割能量指示符 (I_{av}) 表示在藉由該創成磨削機 (1) 切削該各別工件 (23) 時該磨削輪 (16) 之一經積分的金屬切割功率之一量度；且

其中該警告指示符 (W) 取決於該切割能量指示符 (I_{av}) 在一個生產批次之複數個工件 (23) 之生產過程中如何變化。

【請求項15】 如請求項14之方法，其中該切割能量指示符 (I_{av}) 為該工具心軸 (15) 在一個別工件 (23) 之該切削期間之功耗之積分之一量度。

【請求項16】 如請求項1至3、6及7中任一項之方法，其中該至少一個經監控的所量測變數及/或自該至少一個經監控的所量測變數導出之至少一個變數該各別工件 (23) 之一明確識別符一起儲存於一資料庫中。

【請求項17】 一種用於在藉由一創成磨削機 (1) 之預有齒工件 (23) 之連續創成磨削時自動化製程控制之方法，

該創成磨削機 (1) 包含一工具心軸 (15) 及至少一個工件心軸 (21)，具有一蝸形輪廓以及一或多個蝸桿螺紋之一磨削輪 (16) 被夾持於該工具心軸 (15) 上，該磨削輪 (16) 可圍繞一工具軸線 (B) 旋轉，且該等工件 (23) 經調適成夾持於該至少一個工件心軸 (21) 上，

其中該方法包含：

藉由該創成磨削機 (1) 切削該等工件 (23)，其中為了該切削，該等工件 (23) 被夾持於該至少一個工件心軸 (21) 上且依次移動成與該磨削輪 (16) 創成嚙合；及

在該等工件 (23) 之該切削期間監控至少一個所量測變數，

其特徵在於自該至少一個經監控的所量測變數判定對於一不可接受的製程偏差之一警告指示符 (W)，及

其中該至少一個經監控的所量測變數包含下者中之至少一者：

對於在該切削之前該工件(23)之齒厚度之一上偏差的一偏差指示符(Pb)；
該工件心軸(21)之一轉速(n_A)與該工件(23)之一所得轉速(n_W)之間的一轉速差，且/或

已經藉由該工件心軸(21)在該工件(23)之該切削之後之一角度位置、該工件(23)自身之一對應角度位置、該工件心軸(21)在該工件之該切削之前之一角度位置及該工件自身之一對應角度位置的一比較所判定的一角度偏差。

【請求項18】 如請求項17之方法，其中該警告指示符(W)為對於一磨削輪破損(19)之一警告指示符。

【請求項19】 如請求項17或18之方法，其中該創成磨削機包含用於以一無接觸方式判定被夾持於該至少一個工件心軸(21)上之一工件(23)之一角度位置的一嚙合探針(24)，且其中藉由該嚙合探針(24)感測該偏差指示符(Pb)、該工件(23)之該轉速及/或該各別角度位置。

【請求項20】 一種用於在藉由一創成磨削機(1)之預有齒工件(23)之連續創成磨削時自動化製程控制之方法，

該創成磨削機(1)包含一工具心軸(15)及至少一個工件心軸(21)，具有一蝸形輪廓以及一或多個蝸桿螺紋之一磨削輪(16)被夾持於該工具心軸(15)上，該磨削輪(16)可圍繞一工具軸線(B)旋轉，且該等工件(23)經調適成夾持於該至少一個工件心軸(21)上，

其中該方法包含：

藉由該創成磨削機(1)切削該等工件(23)，其中為了該切削，該等工件(23)被夾持於該至少一個工件心軸(21)上且依次移動成與該磨削輪(16)創成嚙合；及

在該等工件(23)之該切削期間監控至少一個所量測變數，

其特徵在於自該至少一個經監控的所量測變數判定對於一不可接受的製程偏差之一警告指示符 (W)，

其中該至少一個經監控的所量測變數包含指示在每一個別工件 (23) 之該切削期間之一瞬時金屬切割功率的一切割功率信號，且其中該警告指示符 (W) 取決於在一工件之該切削過程中該切割功率信號之該時程，詳言之取決於在該切削期間該切割功率信號之一脈衝式增大之發生。

【請求項21】 如請求項20之方法，其中該警告指示符 (W) 為對於一磨削輪破損 (19) 之一警告指示符。

【請求項22】 如請求項20或21之方法，其中該切割功率信號為在一工件 (23) 之該切削期間該工具心軸 (15) 之瞬時功耗 (I_s) 之一量度。

【請求項23】 一種用於在藉由一創成磨削機 (1) 之預有齒工件 (23) 之連續創成磨削時自動化製程控制之方法，

該創成磨削機 (1) 包含一工具心軸 (15) 及至少一個工件心軸 (21)，具有一蝸形輪廓以及一或多個蝸桿螺紋之一磨削輪 (16) 被夾持於該工具心軸 (15) 上，該磨削輪 (16) 可圍繞一工具軸線 (B) 旋轉，且該等工件 (23) 經調適成夾持於該至少一個工件心軸 (21) 上，

其中該方法包含：

藉由該創成磨削機 (1) 切削該等工件 (23)，其中為了該切削，該等工件 (23) 被夾持於該至少一個工件心軸 (21) 上且依次移動成與該磨削輪 (16) 創成嚙合；及

在該等工件 (23) 之該切削期間監控至少一個所量測變數，

其特徵在於自該至少一個經監控的所量測變數判定對於一不可接受的製程偏差之一警告指示符 (W)，

其中該方法包含在該磨削輪 (16) 與該等工件 (23) 之間沿著該工具軸線

(B) 執行一連續或不連續移位移動；

其中該至少一個經監控的所量測變數包含每一工件 (23) 之一切割能量指示符 (I_{av})，

其中該切割能量指示符 (I_{av}) 表示在藉由該創成磨削機 (1) 切削該各別工件 (23) 時該磨削輪 (16) 之一經積分的金屬切割功率之一量度；且

其中該警告指示符 (W) 取決於該切割能量指示符 (I_{av}) 在一個生產批次之複數個工件 (23) 之生產過程中如何變化。

【請求項24】 如請求項23之方法，其中該警告指示符 (W) 為對於一磨削輪破損 (19) 之一警告指示符。

【請求項25】 如請求項23或24之方法，其中該切割能量指示符 (I_{av}) 為該工具心軸 (15) 在一個別工件 (23) 之該切削期間之功耗之積分之一量度。

【請求項26】 一種創成磨削機 (1)，其包含：

一工具心軸 (15)，其上可夾持有具有一蝸形輪廓以及一或多個蝸桿螺紋之一磨削輪 (16)，且經組態以經驅動以圍繞一工具軸線 (B) 旋轉；

至少一個工件心軸 (21)，其用於驅動一預有齒工件 (23) 以圍繞一工件軸線 (C1) 旋轉；以及

一機器控制器 (40)；

其特徵在於該機器控制器 (40) 被設計成執行如請求項1至25中任一項之方法。

【請求項27】 一種電腦程式，其包含促使如請求項26之創成磨削機 (1) 中之一機器控制器 (40) 進行如請求項1至25中任一項之方法的指令。

【請求項28】 一種電腦可讀媒體，其上儲存有如請求項27之電腦程式。

【發明圖式】

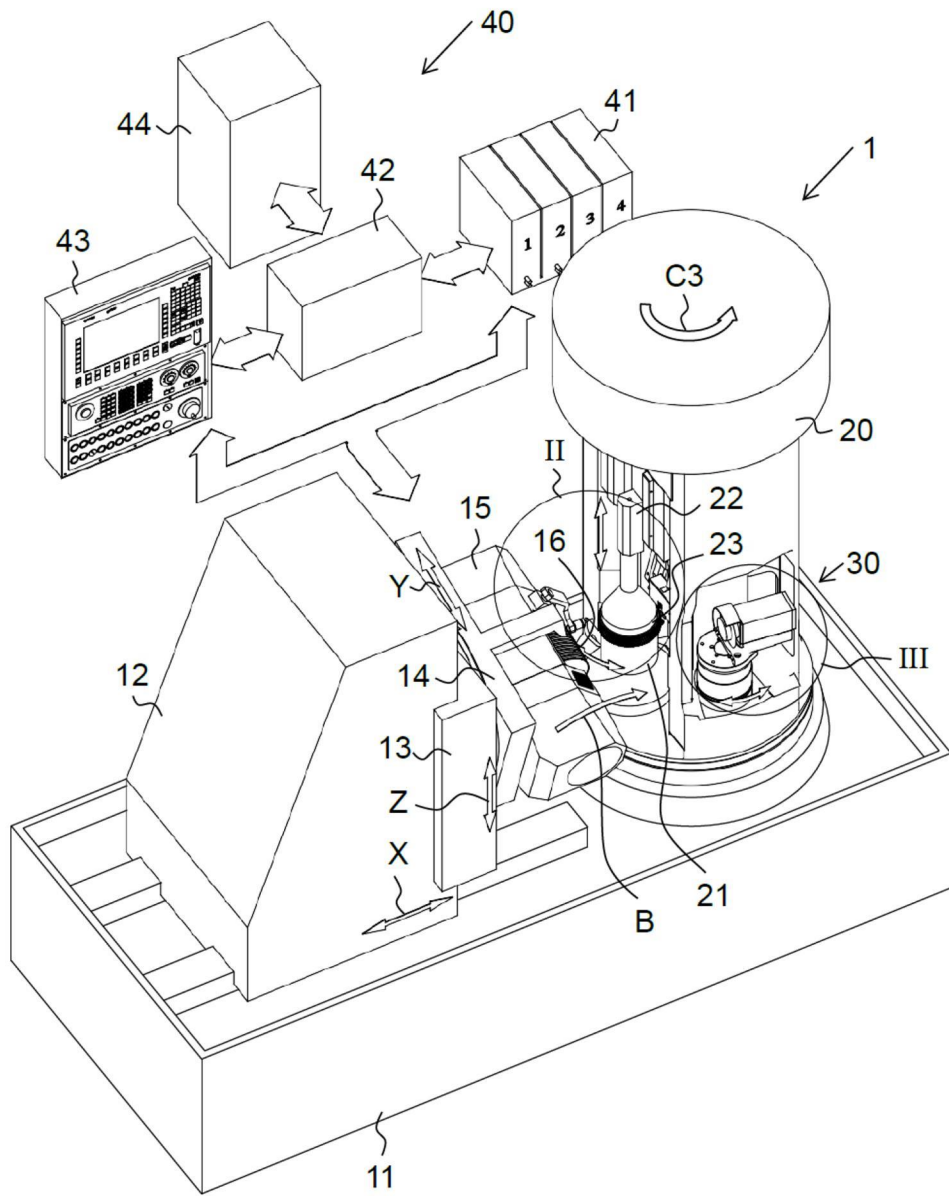


圖1

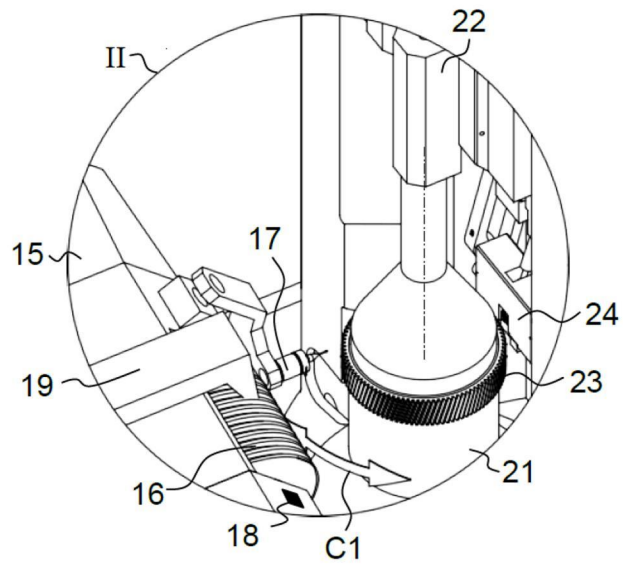


圖2

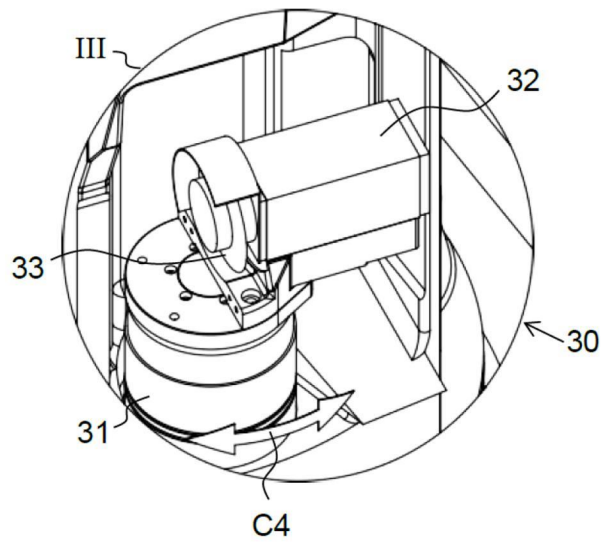


圖3

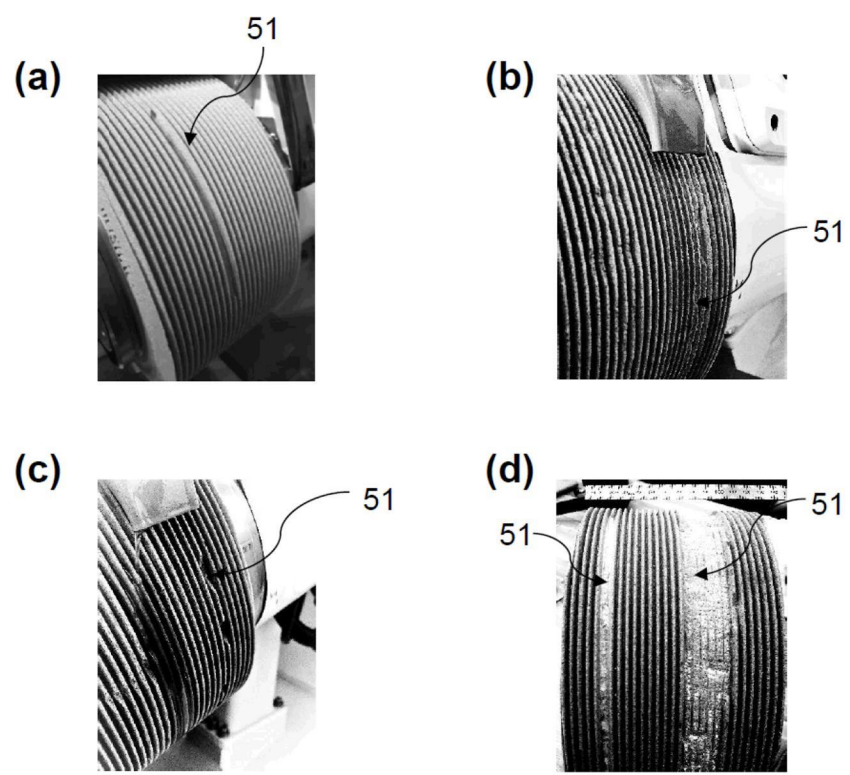


圖4

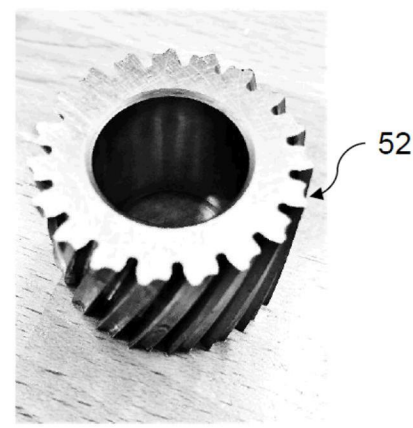


圖5

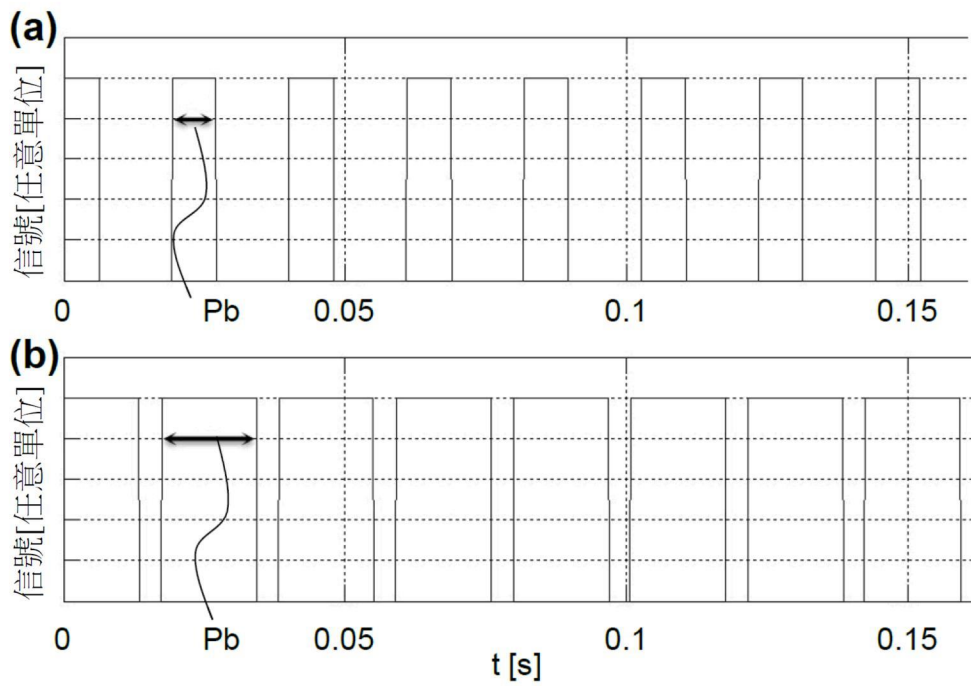


圖6

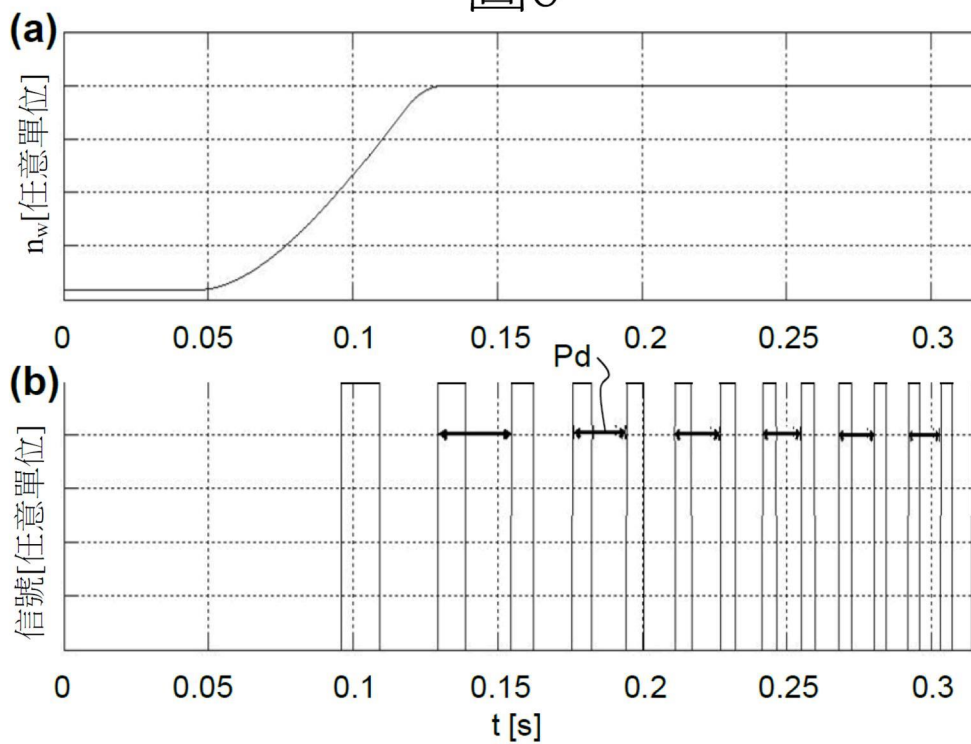


圖7

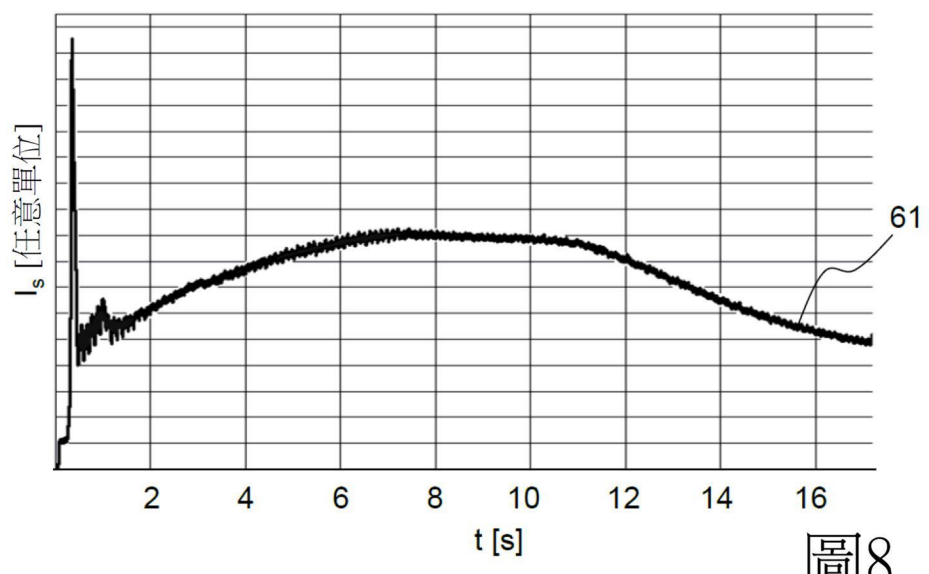


圖8

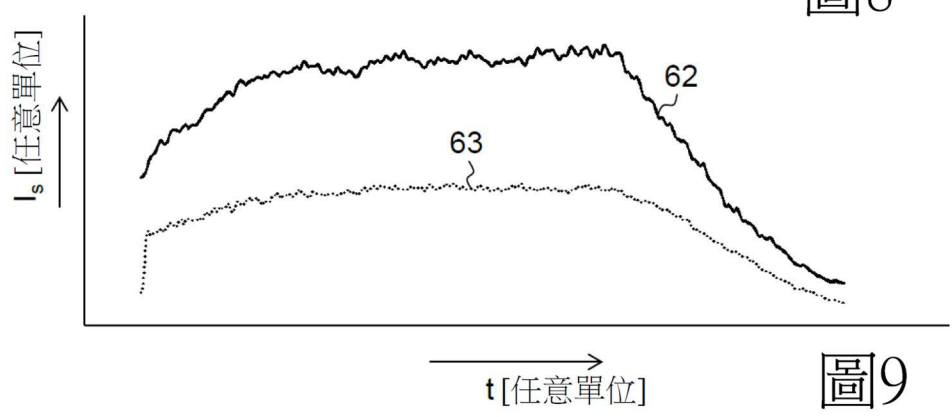


圖9

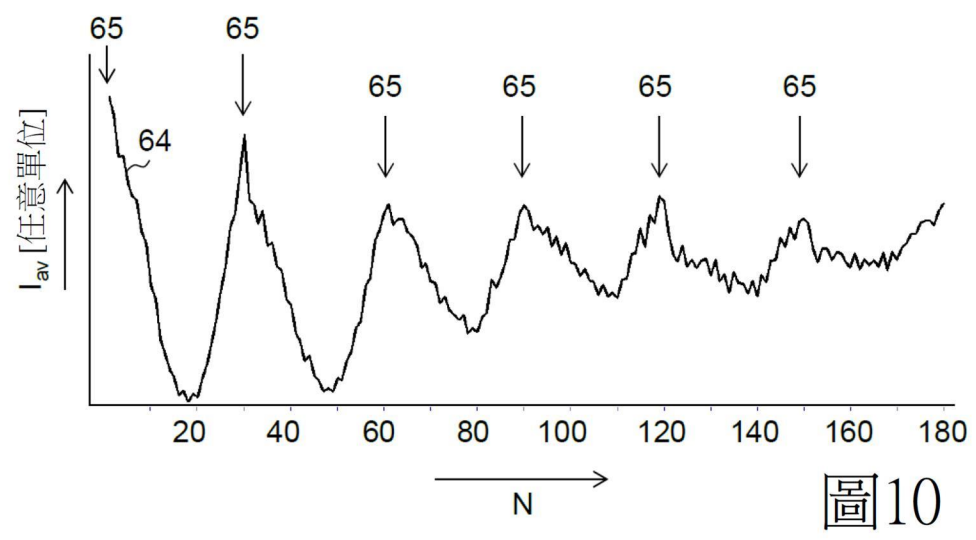


圖10

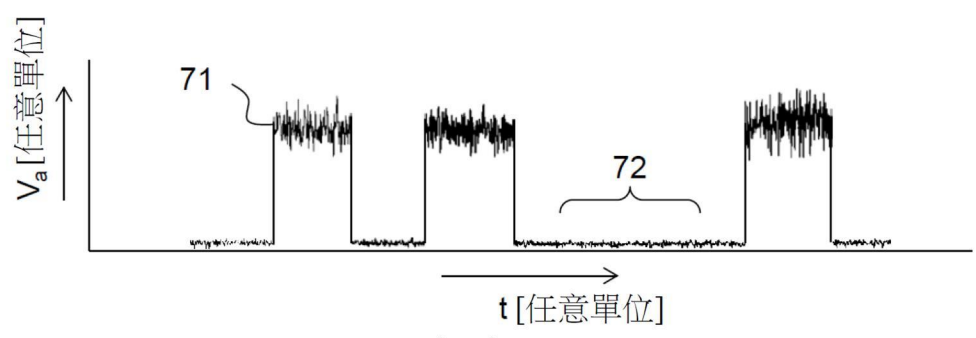


圖11

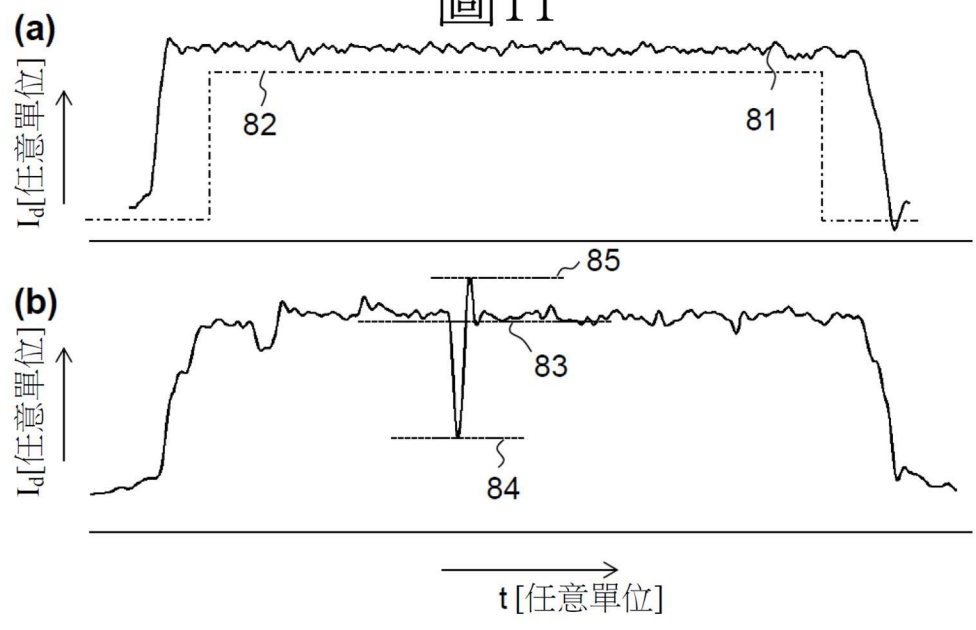


圖12

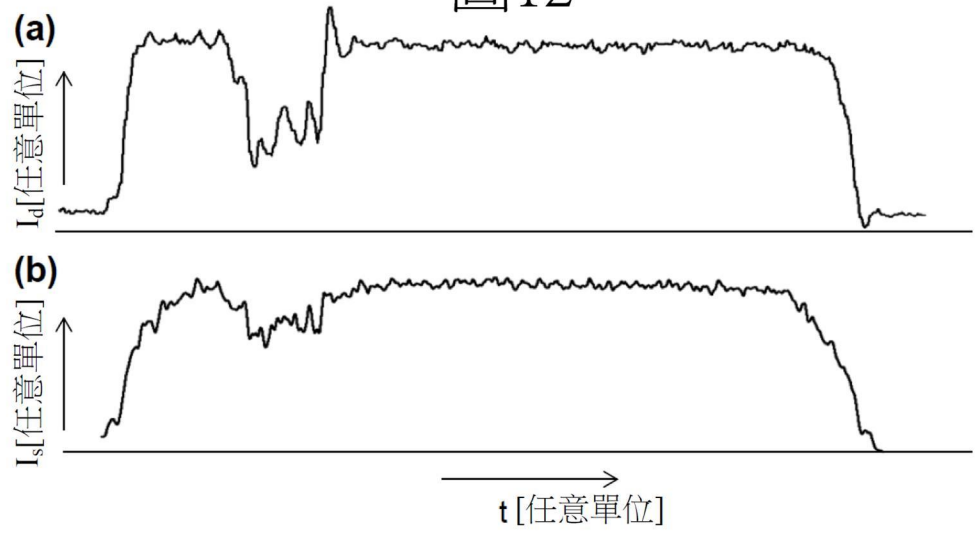


圖13

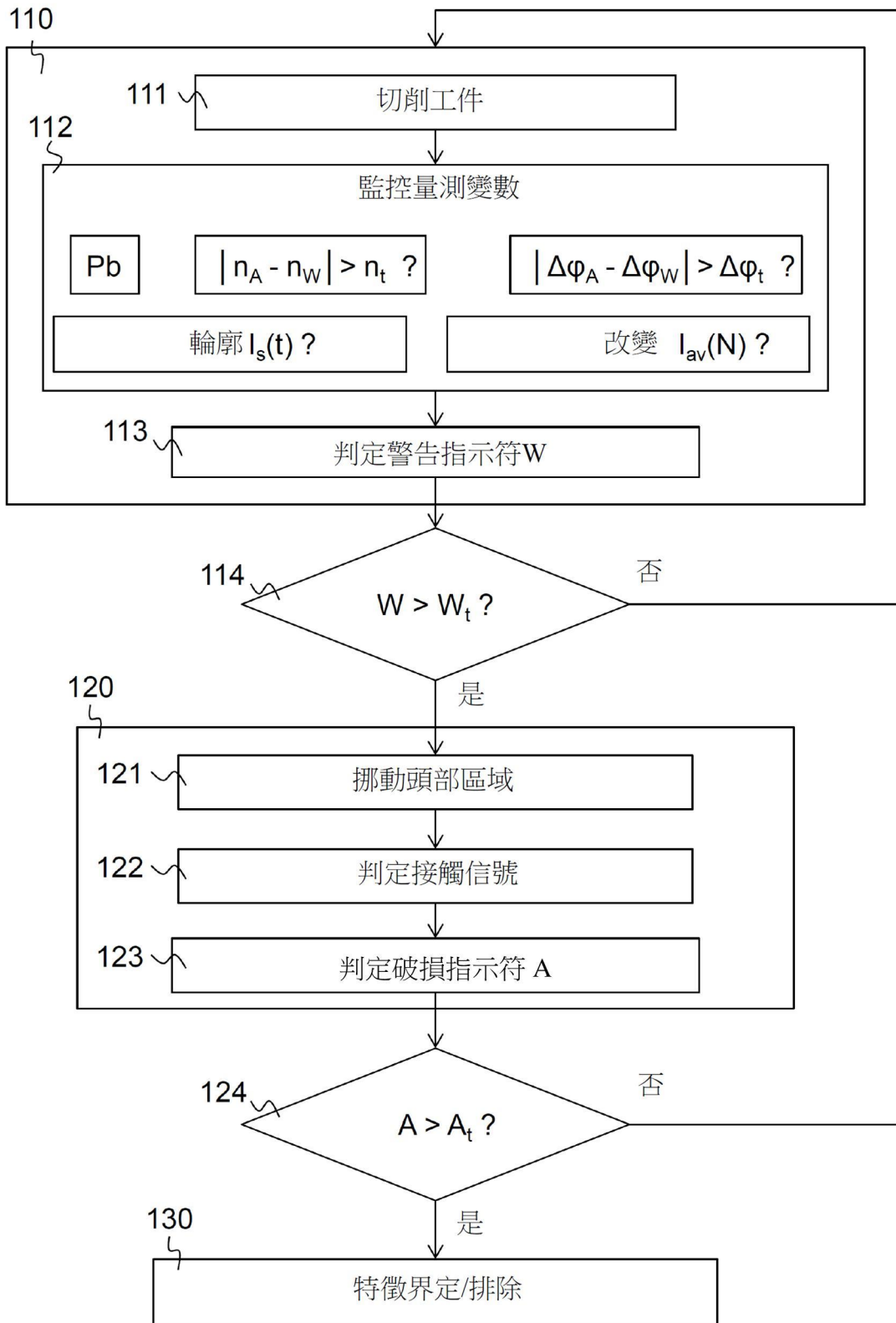


圖14

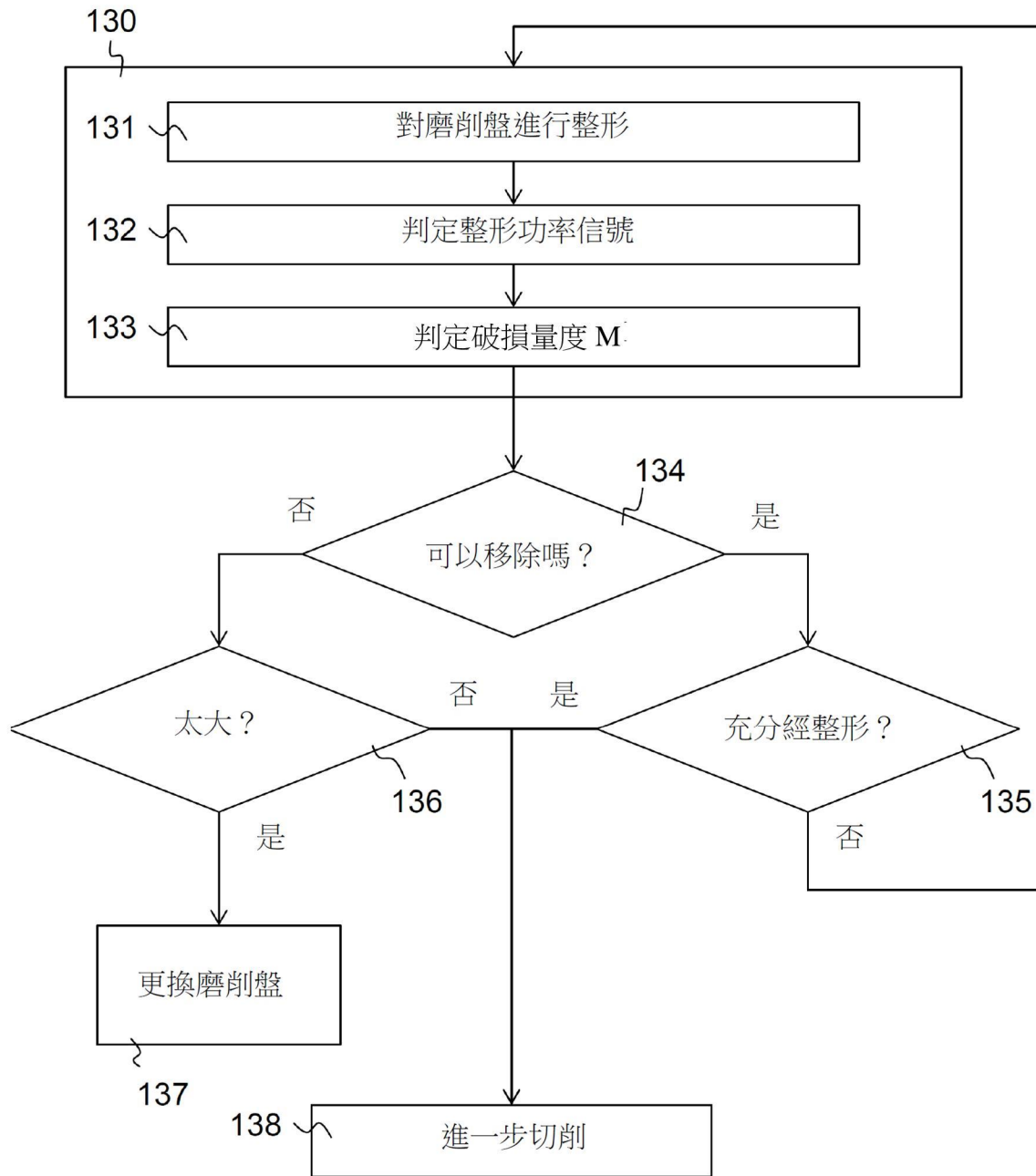


圖15