



(21)申請案號：102104798 (22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 02 月 07 日

(51)Int. Cl. : **B28D5/04 (2006.01)** **B23D61/18 (2006.01)**  
**H01L21/304 (2006.01)**

(30)優先權：2012/02/09 德國 102012201938.3

(71)申請人：世創電子材料公司 (德國) SILTRONIC AG (DE)  
 德國

(72)發明人：皮茲奇 喬治 PIETSCH, GEORG (DE)

(74)代理人：陳翠華

(56)參考文獻：

TW	546179	EP	1020271A1
JP	2001-328054A	JP	2004-42241A
JP	2006-159360A	US	2010/0300423A1

審查人員：葉大功

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：6 共 22 頁

(54)名稱

從工件同時切割多個切片之設備和方法

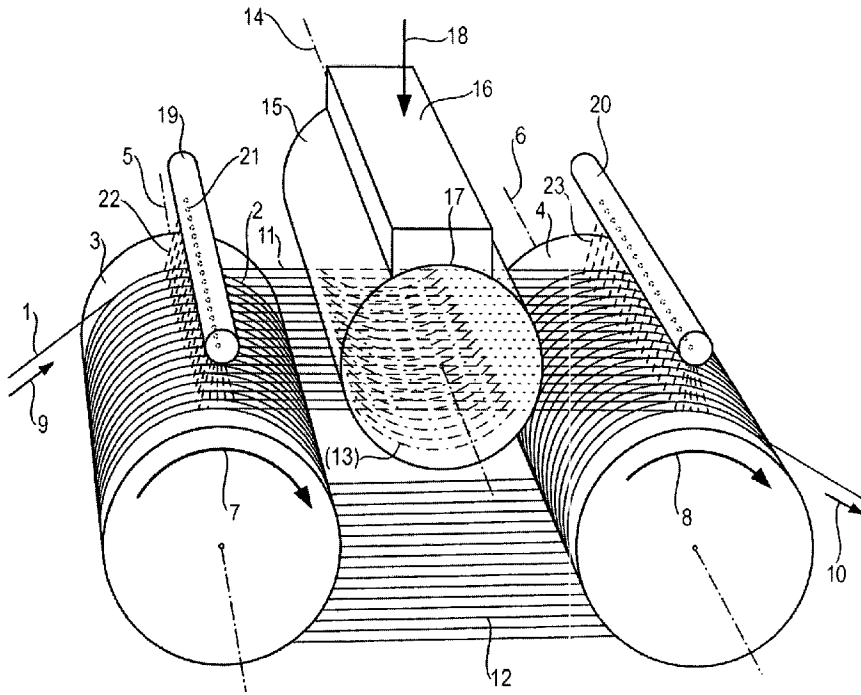
APPARATUS AND METHOD FOR SIMULTANEOUSLY SLICING A MULTIPLICITY OF SLICES FROM A WORKPIECE

(57)摘要

一種用於從工件同時切割多個切片的設備和方法。該方法包括藉由一線鋸的進給裝置以工件的軸平行於線鋸的鋸線引導滾筒的軸的方式保持工件；藉由進給裝置使工件以垂直地從上方通過線鋸的排柵的方式移動，其中排柵係由多個彼此平行且在一個平面內運行的鋸線段形成；將一硬物質在載液中的漿料作為磨料供應至鋸線段，同時鋸線段通過鋸線引導滾筒的旋轉在連續不斷地改變旋轉方向的情況下相對於工件實施相對運動，其引導鋸線段從進入側直至退出側通過工件；將一冷卻劑從側面及從下方噴射到在工件移動時通過排柵形成的切割間隙中，其中通過位於排柵下方與鋸線引導滾筒的軸平行的噴嘴將冷卻劑噴射到切割間隙中，及其中僅通過與鋸線段的進入側位置相對的噴嘴將冷卻劑噴射到切割間隙中。

Apparatus and method for simultaneously slicing a multiplicity of slices from a workpiece. The method comprises holding the workpiece with an axis of the workpiece parallel to axes of wire guide rolls of a wire saw by means of a feed device of the wire saw; moving the workpiece by means of the feed device perpendicularly from above through a web of the wire saw, wherein the web is formed from a multiplicity of wire sections running parallel to one another and in one plane; supplying a slurry of hard substances in a carrier liquid as abrasive to the wire sections while the wire sections describe a relative movement with respect to the workpiece as a result of rotation of the wire guide rolls with a continual change in the direction of rotation, which relative movement guides the wire sections from an entry side to an exit side through the workpiece; spraying a coolant from the side and from below into slicing gaps that arise during the movement of the workpiece through the web, wherein the coolant is sprayed through nozzles into the slicing gaps,

which are arranged below the web parallel to the axes of the wire guide rolls, and wherein the coolant is sprayed into the slicing gaps only through the nozzle situated opposite the entry side of the wire sections.



第 1 圖

- 1 . . . 鋸切線
- 2 . . . 凹槽
- 3 . . . 左鋸線引導滾筒
- 4 . . . 右鋸線引導滾筒
- 5 . . . 軸
- 6 . . . 軸
- 7 . . . 旋轉
- 8 . . . 旋轉方向
- 9 . . . 箭頭方向
- 10 . . . 箭頭方向
- 11 . . . 上排柵
- 12 . . . 下排柵
- 13 . . . 鋸切間隙
- 14 . . . 軸
- 15 . . . 工件
- 16 . . . 鋸切條帶
- 17 . . . 黏合劑
- 18 . . . 箭頭
- 19 . . . 左噴嘴排管
- 20 . . . 右噴嘴排管
- 22 . . . 左側長射流
- 23 . . . 右側長射流

## 發明摘要

※ 申請案號：102104798

※ 申請日：102.2.7

※IPC 分類：

B28D 5/00 (2006.01)

B23D 61/18 (2006.01)

H01L 21/304 (2006.01)

【發明名稱】 從工件同時切割多個切片之設備和方法

APPARATUS AND METHOD FOR SIMULTANEOUSLY  
SLICING A MULTIPLICITY OF SLICES FROM A  
WORKPIECE

## 【中文】

一種用於從工件同時切割多個切片的設備和方法。該方法包括藉由一線鋸的進給裝置以工件的軸平行於線鋸的鋸線引導滾筒的軸的方式保持工件；

藉由進給裝置使工件以垂直地從上方通過線鋸的排柵的方式移動，其中排柵係由多個彼此平行且在一個平面內運行的鋸線段形成；

將一硬物質在載液中的漿料作為磨料供應至鋸線段，同時鋸線段通過鋸線引導滾筒的旋轉在連續不斷地改變旋轉方向的情況下相對於工件實施相對運動，其引導鋸線段從進入側直至退出側通過工件；

將一冷卻劑從側面及從下方噴射到在工件移動時通過排柵形成的切割間隙中，其中通過位於排柵下方與鋸線引導滾筒的軸平行的噴嘴將冷卻劑噴射到切割間隙中，及其中僅通過與鋸線段的進入側位置相對的噴嘴將冷卻劑噴射到切割間隙中。

## 【英文】

Apparatus and method for simultaneously slicing a multiplicity of slices from a workpiece. The method comprises holding the workpiece with an axis of the workpiece parallel to axes of wire guide rolls of a wire saw by means of a feed device of the wire saw;

moving the workpiece by means of the feed device perpendicularly from above through a web of the wire saw, wherein the web is formed from a multiplicity of wire sections running parallel to one another and in one plane;

supplying a slurry of hard substances in a carrier liquid as abrasive to the wire sections while the wire sections describe a relative movement with respect to the workpiece as a result of rotation of the wire guide rolls with a continual change in the direction of rotation, which relative movement guides the wire sections from an entry side to an exit side through the workpiece;

spraying a coolant from the side and from below into slicing gaps that arise during the movement of the workpiece through the web, wherein the coolant is sprayed through nozzles into the slicing gaps, which are arranged below the web parallel to the axes of the wire guide rolls, and wherein the coolant is sprayed into the slicing gaps only through the nozzle situated opposite the entry side of the wire sections.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（1）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 1 鋸切線
- 2 凹槽
- 3 左鋸線引導滾筒
- 4 右鋸線引導滾筒
- 5 軸
- 6 軸
- 7 旋轉
- 8 旋轉方向
- 9 箭頭方向
- 10 箭頭方向
- 11 上排柵
- 12 下排柵
- 13 鋸切間隙
- 14 軸
- 15 工件
- 16 鋸切條帶
- 17 黏合劑
- 18 箭頭
- 19 左噴嘴排管
- 20 右噴嘴排管
- 22 左側長射流
- 23 右側長射流

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：（無）

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

**【發明名稱】** 從工件同時切割多個切片之設備和方法  
APPARATUS AND METHOD FOR  
SIMULTANEOUSLY SLICING A MULTIPLICITY OF  
SLICES FROM A WORKPIECE

## **【技術領域】**

**【0001】** 本發明係關於一種用於從工件同時切割多個切片的設備和方法，尤其是利用其中變換鋸線運行方向的線精研切割法從晶體切割半導體晶圓。

## **【先前技術】**

**【0002】** 半導體晶圓是由半導體材料例如元素半導體（矽、鍺）、化合物半導體（例如由週期表第 III 主族元素如鋁、鎵或銦與週期表第 V 主族元素如氮、磷或砷組成）或其化合物（例如  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ， $0 < x < 1$ ）組成的切片。尤其是作為電子元件的基材，他們被要求且必須在平坦度、清潔度和沒有缺陷方面滿足高要求。

**【0003】** 對於其他應用，要求由其他材料組成的平面切片，例如作為用於製造存儲磁片的基材的玻璃切片或者作為用於製造光電元件的基底的由藍寶石組成的切片。

**【0004】** 該由半導體材料或其他材料組成的切片是從由各種材料組成的棒材切割成的。為了切割切片，尤其是考慮去除碎屑的加工方法，例如精研切割。去除碎屑或修琢應當根據 DIN 8580 理解為機械加工方法，其中藉由以碎屑的形式去除多餘的材料而將材料加工成為所期望的形狀。在此，碎屑是指從工件分離的微粒。

**【0005】** 精研根據 DIN 8589 是使用鬆散地分散在液體或膏狀物中的顆粒（精研懸浮液，漿料）作為磨料進行修琢，該磨料在通常形成形狀的相反件（精研工具）上以單個顆粒的盡可能無方向的切割路徑進行引導。材料去除是藉由在精研顆粒的伸入位置形成微裂紋並剝落小的材料顆粒而對材料黏著物進行脆蝕性分離從而實現的。精研是基於工件、精研顆粒和精研工具三者之間的相互作用。精研的特徵在於，工具承載物（精研盤，

精研線) 不包含硬物質，其以形成碎屑的方式與材料嚙合。

【0006】 作為在精研切割時引入的鬆散精研物質，係使用由金剛石、碳化矽、碳化硼、氮化硼、氮化矽、鋯氧化物、二氧化矽、鋁氧化物、鉻氧化物、氮化鈦、碳化鎢、碳化鈦、碳化鈮及許多其他物質，以及所述物質的混合物組成的顆粒。

【0007】 在切割半導體晶圓時重要的是，金剛石、碳化矽和鋁氧化物，尤其是碳化矽，作為精研物質。

【0008】 在單獨精研切割時，每次切割是從工件切割一個切片；在多重精研切割時則是同時切割多個切片。多重精研切割可以利用一根線進行，該線經由滾筒多次轉向，從而多次與工件嚙合。於是這稱作單線多重精研切割。替代性地，還已知一些方法，其中許多的如同豎琴的琴弦一樣牢固地在框架中繃緊的單根線穿過工件。於是這相應地稱作多線多重精研切割。一般而言，本發明係關於從由任意的可以去除碎屑的方式加工的材料組成的任意形狀的工件切割多個切片。本發明特別是關於從由玻璃、藍寶石或半導體材料組成的具有矩形、六邊形或八邊形基面的棱柱狀工件或圓柱體切割多個切片。下面更加深入地描述單線多重精研切割。其亦縮寫為漿料-線鋸切 (SMWS, 『漿料多線切割』)。

【0009】 一種用於單線多重精研切割 (『漿料-線鋸切』) 的設備包括作為主要的裝置特徵的鋸線、至少兩個彼此水平且平行地排列的鋸線引導滾筒、卷下線軸和卷上線軸、用於在鋸線縱向上對鋸線進行預先繃緊的裝置、可用於將工件垂直於鋸線引導滾筒的軸向著由這些軸繃緊的平面進給的進給裝置以及用於以鬆散的硬物質在載液中的漿料的形式施加磨料的裝置。鋸線引導滾筒是圓柱形的，並以可繞其縱軸旋轉的方式安裝。其側面具有多個以同心方式圍繞軸並且彼此基本上等距離的凹槽。

【0010】 在漿料-線鋸切時，鋸線在繃緊的情況下利用凹槽以螺旋狀多次經由鋸線引導滾筒加以引導，從而使單根鋸線段平行地排列並形成排柵 (web)。藉由鋸線引導滾筒以相同方式旋轉，使鋸線從卷下線軸卷下，並在卷上線軸上卷上繃緊。在此，排柵的鋸線段均彼此平行地沿著鋸線縱向移動。下面為了簡化說明，採用由半導體材料組成的圓柱形棒 (半導體棒) 作為工件。該半導體棒的側面與沿軸向運行的由犧牲材料 (sacrificial

material) 組成的例如由玻璃或石墨組成的條帶(鋸切條帶)相黏合,並利用該條帶將半導體棒以其工件軸平行於鋸線引導滾筒的軸的方式夾持在進給裝置中。

**【0011】** 藉由以平行於鋸切排柵的垂線的方式向著排柵緩慢地進給棒,使工件以其側面與鋸切條帶相對的區段與排柵接觸,並在工具(排柵)與工件之間在鋸線橫向上產生力。由於穿過該裝置運行的鋸切線在工件與排柵之間的相對運動,在壓力和添加磨料的情況下實施材料去除。藉由進一步連續進給棒保持鋸線橫向繃緊,使鋸線排柵穿過工件的整個橫截面,同時獲得多個切片。

**【0012】** 可以藉由排柵的鋸線段以恆定的移動方向經過整個區段或者以相反的移動方向實施單線多重精研切割。在此,在連續不斷地反轉鋸線方向的情況下進行切割具有特別的意義,因為藉由方向反轉避免了對於所得切片所獲得的平坦度和正/反面平行度的特定缺點。鋸線段的進入側與鋸線段的退出側之間的不對稱性可以藉由方向反轉而最終得到平衡,並由此部分地加以補償,並且可以藉由方向反轉減少鋸線消耗。

**【0013】** 根據朝聖者步伐式方法(pilgrim step motion)(『朝聖者步伐運動』,『鋸線往復運動』)運行的鋸線的方向反轉包括,以第一長度沿著第一鋸線縱向的第一鋸線運動以及以第二長度沿著與第一方向恰好相反的第二方向的第二鋸線運動,其中選擇第二長度小於第一長度。對於每個朝聖者步伐,總計以對應於這兩個長度之和的鋸線長度穿過工件,而在此與工件鋸切嚙合的鋸線段僅從卷下線軸向著卷上線軸繼續移動了對應於這兩個長度之差的數值。因此,在朝聖者步伐式方法中,鋸線以這兩個長度之和與差的比列加以多次使用。

**【0014】** 在穿過整個工件橫截面之後,鋸線排柵到達黏合在工件上的鋸切條帶。停止進一步進給,於是又藉由反轉進給方向將多重切斷的工件從鋸切排柵取下。於是將工件切割成多個切片,它們以等距離且彼此平行且垂直於工件軸的方式以其圓周的一部分黏合在切斷一半的鋸切條帶上。藉由化學、加熱或機械方式消除黏結結合,將切片分離,並將它們送至取決於應用的其他後續加工。

**【0015】** 例如 EP 0 798 091 A2 描述了用於切割半導體晶圓的漿料-

線鋸切及其合適的裝置。

【0016】 藉由鋸線精研切割實現的切割的切片的平坦度被多個效應損害。包括以下方面的效應：鋸線的運動學、磨料在鋸切間隙中的輸送和分佈、鋸線和鋸切顆粒的磨損。熱過程對切割結果存在特別嚴重的影響。

【0017】 DE 101 22 628 公開了，通過修琢作用和摩擦過程對工件輸入熱量，其導致工件與鋸線段之間的軸向相對運動。在圓柱形工件中，鋸切線與工件嚙合的長度隨著鋸切進程改變。因此，輸入熱量及因此在工件與鋸線段之間的軸向相對運動隨時間緩慢地（准靜態地）改變。在切入工件及從工件切出時，存在嚙合長度的突然改變，並且在鋸線恆定地橫向繃緊時產生的切割速度特別高。因此，在切入和切出時導致在工件與排柵之間特別強烈的軸向相對偏移，從而導致鋸切的所有切片基本上以相同的方式及相同的程度產生相對於理想的鋸切平面彎曲的平坦度偏差。該稱作鋸入或鋸出波動的平坦度偏差是特別有害的，因為其具有長波長（幾釐米），並且在此僅小幅地損害切片的正面與背面的平行度（厚度均勻度）。因為半導體晶圓在釐米（或更大）範圍內顯示出基本上為彈性的特性，所以藉由後續加工步驟實施材料去除無法消除或者僅能不充分地消除鋸入或鋸出波動。

【0018】 如此波動的切片不適合於要求高的應用。在精研切割大工件特別是在精研切割非常大的工件成為切片時，這些非期望的熱誘發的缺陷特別明顯。具有大直徑的工件的等面積圓在其沿著具有最小轉動慣量的主軸的橫截面投影時的直徑（等效直徑）大於或等於 300 毫米；具有非常大的直徑的工件的等效直徑大於或等於 450 毫米。

【0019】 JP 10180750 描述了一種方法，其中從上方噴向鋸切排柵而供應至鋸切間隙的磨料的溫度係以磨料的溫度調節和溫度測量的封閉控制迴圈的方式控制，從而抵消隨時間改變的變熱現象。

【0020】 DE 101 22 628 B4 描述了一種方法，其中利用取決於時間和切割進程調節溫度的冷卻劑從沖刷棒的側面所有位於鋸線排柵上方的部分，從而對棒材調節溫度。

【0021】 EP 0 798 091 A2 描述了一種方法，其中所供應的磨料的體積流率、黏度和棒材向著鋸切排柵的進給速度取決於切割進程而改變。

【0022】 最後，US 7,959,491 B2 描述了一種方法，其中在從鋸入直至鋸出的整個切割進程中，但是取決於排柵在棒材中的即時位置，所供應的精研切割劑的溫度穩定地持續升高，因此取決於排柵在棒材中的位置部分地補償了熱效應。

【0023】 若工件是透明的或者至少在特定的光譜範圍內是透明的，則可以觀察到隱藏在棒材中的切割間隙。在紅外光譜範圍內透明的由矽組成的棒材上的切割區域藉由熱成像攝像機的熱成像觀察而顯示，在鋸切間隙中及在鋸切間隙的長度上的熱量輸入是不均勻的。尤其是觀察到，切割間隙中的溫度隨著從鋸線進入直至鋸線退出的嚙合長度而升高。在鋸線退出之前不久達到最熱的點；直接在表面上在鋸線退出時，可能通過在該點附近的棒材表面上的熱發散和空氣對流，溫度又稍微下降。因此，以非常複雜的方式沿著鋸線嚙合進行加熱。

【0024】 在由矽組成的工件的切割間隙中，在鋸線嚙合長度上觀察到超過 20°C 的溫度升高，周圍尚未切割的矽體積整體升高約 5°C。若在朝聖者步伐式方法中較佳地實施的精研切割時鋸線運行方向反轉，則在鋸切間隙上的熱梯度以短的時間標度（幾秒）反轉。該動態溫度波動是相當大的，以朝聖者步伐的頻率短時間發生，遠遠超過在切割進程中僅緩慢地改變的平均工件溫度。

【0025】 這些已知的方法僅補償了緩慢的准靜態溫度變化。這不適合於補償迅速且明顯更大的溫度變化及其影響，尤其是所切割的切片產生的波動。

#### 【發明內容】

【0026】 本發明的目的在於，提供一種用於從工件同時切割多個切片的設備和方法，其中在精研切割工件時盡可能補償迅速且高的溫度波動，並且盡可能避免實際切割面相對於理想切割平面的偏差。

【0027】 磨料（漿料）在從鋸線進入直至鋸線退出嚙合的長度上的切割間隙中由於排擠、滴落和消耗而損耗，並且在此不均勻地分佈。其濃度和組成由於顆粒磨損和顆粒破碎而在鋸線嚙合的長度上改變。尤其是從鋸線進入直至鋸線退出，磨料的量的減少導致切割間隙的寬度減小，因此導致切割的切片的厚度在鋸線運行方向上以楔形增大。

【0028】 該目的還在於，提供一種設備和方法，抵消磨料在鋸線嚙合長度上在鋸切間隙中的損耗，因而不產生在鋸線運行方向上厚度增大的切片。

【0029】 該目的是藉由一種用於從工件同時切割多個切片的設備實現的，其包括鋸線、至少兩個水平且彼此平行排列並且以可繞其各自的軸旋轉的方式安裝的具有凹槽的圓柱形鋸線引導滾筒、以及一進給裝置，其中在凹槽中圍繞鋸線引導滾筒引導鋸線，從而在鋸線引導滾筒之間存在一由多個彼此平行且在一個平面內運行的鋸線段組成的水平排柵，此外還包括位於鋸線引導滾筒上方用於將磨料噴射在鋸線段上的第一噴嘴以及位於排柵下方平行於鋸線引導滾筒的軸的用於將冷卻劑從側面及從下方噴射到工件的切割間隙中的第二噴嘴。

【0030】 該目的亦藉由一種用於從工件同時切割多個切片的方法實現的，其包括藉由一線鋸的進給裝置以工件的軸平行於線鋸的鋸線引導滾筒的軸的方式保持工件；藉由進給裝置使工件以垂直地從上方通過線鋸的排柵的方式移動，其中係由多個彼此平行且在一個平面內運行的鋸線段形成排柵；將一硬物質在載液中的漿料作為磨料供應至鋸線段，同時鋸線段通過鋸線引導滾筒的旋轉在連續不斷地改變旋轉方向的情況下相對於工件實施相對運動，該相對運動引導鋸線段從進入側直至退出側通過工件；將一冷卻劑從側面及從下方噴射到在工件移動時通過排柵形成的切割間隙中，其中通過位於排柵下方與鋸線引導滾筒的軸平行的噴嘴將冷卻劑噴射到切割間隙中，及其中僅通過與鋸線段的進入側位置相對的噴嘴將冷卻劑噴射到切割間隙中。

【0031】 可以使用另一硬物質在載液中的漿料作為冷卻劑。

【0032】 所用的磨料和所用的冷卻劑可以具有除溫度以外相同的特性。

【0033】 所用的磨料和所用的冷卻劑可以具有相同的溫度。所用的磨料和所用的冷卻劑可以具有不同的溫度。

【0034】 冷卻劑的溫度可以在工件移動通過排柵時改變。冷卻劑的溫度可以取決於鋸線段在工件中的鋸線嚙合長度而改變。該冷卻劑的溫度可以隨著鋸線嚙合長度的增大而升高，以及隨著鋸線嚙合長度的減小而下

降。

**【0035】** 噴入的冷卻劑的體積流率可以在工件移動通過排柵時保持恆定。噴入的冷卻劑的體積流率可以在工件移動通過排柵時改變。噴入的冷卻劑的體積流率可以取決於鋸線段在工件中的鋸線嚙合長度而改變。噴入的冷卻劑的體積流率可以隨著鋸線嚙合長度的增大而升高，以及隨著鋸線嚙合長度的減小而下降。

**【0036】** 冷卻劑的溫度和體積流率可以通過前述的方式同時加以改變。

**【0037】** 該方法較佳用於製造半導體晶圓，特別較佳用於製造由矽組成的半導體晶圓，其直徑不小於 300，例如用於製造直徑為 450 毫米的矽晶圓。

#### **【圖式簡單說明】**

##### **【0038】**

第 1 圖所示為一種根據單線多重磨削切割或單線多重精研切割的原理，從棒材切割切片的設備。

第 2 圖所示為在使用根據第 1 圖的設備的情況下，鋸切線從左向右運行時在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料的分配及溫度的分佈。

第 3 圖所示為在使用根據第 1 圖的設備的情況下，鋸切線從右向左運行時在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料的分配及溫度的分佈。

第 4 圖所示為在使用根據第 1 圖的設備的情況下鋸切線從左向右運行時，鋸線段-排柵切入棒材中的時刻在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料的分配及溫度的分佈。

第 5 圖所示為在鋸切線從左向右運行時，利用位於排柵下方的噴嘴將磨料從左側噴射至排柵及將冷卻劑從右側噴射至鋸切間隙中的情況下，在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料和冷卻劑的分配及溫度的分佈。

第 6 圖所示為在鋸切線從右向左運行時，利用位於排柵下方的噴嘴將磨料從右側噴射至排柵及將冷卻劑從左側噴射至鋸切間隙中的情況下，在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料和冷卻劑的分配及溫度的分佈。

#### **【實施方式】**

【0039】 下面依照附圖詳細地闡述本發明。

【0040】 第 1 圖所示為用於單線多重精研切割的設備的主要元件，其包括鋸切線 1，其以螺旋狀多重纏繞的方式圍繞著左鋸線引導滾筒 3 和右鋸線引導滾筒 4，由凹槽 2 加以引導，從而使在鋸線引導滾筒的表面上運行的鋸線段（『上鋸線股（upper wire strands）』）平行地進行，並且形成在相鄰的鋸線段之間具有恆定距離的均勻的排柵 11。以黏合劑 17 將工件 15 黏合在鋸切條帶 16 上。鋸切條帶 16 代表進給裝置，其用於將工件沿著箭頭 18 垂直地朝著排柵 11 移動，並與其嚙合。此外，該設備還包括左噴嘴排管 19 和右噴嘴排管 20，其用於將磨料（漿料）以左側長射流 22 和右側長射流 23 的形式供應至左鋸線引導滾筒 3 和右鋸線引導滾筒 4 及由此供應至排柵 11。

【0041】 鋸線引導滾筒以可圍繞軸 5 和 6 旋轉的方式安裝。它們的軸和在所示實施例中為圓柱形棒材的工件 15 的軸 14 彼此平行地取向，並且穿過一個等腰三角形的頂點，鋸線引導滾筒的軸連接該等腰三角形的底邊。為了啟動切割過程，驅動一個鋸線引導滾筒，例如左鋸線引導滾筒 3，進行旋轉 7（『主』）。另一個鋸線引導滾筒（『從』），在該實施例中是右鋸線引導滾筒 4，通過鋸線 1 的拉動，以相同方式以旋轉方向 8 伴隨著進行旋轉。在第 1 圖中所示的實施例中，鋸線 1 從左側以箭頭方向 9 送入，以多次變換的方式經由上排柵 11 及以相反方向經由產生的下排柵 12 多次經過鋸線引導滾筒運行，最終向右以箭頭方向 10 從該設備離開。藉由在圖中由鋸切條帶 16 代表的進給裝置使該工件 15 以方向 18 垂直地移動通過排柵 11。

【0042】 一旦工件 15 以其下側與排柵 11 接觸，則在進給方向（= 鋸線橫向；鋸線橫向繃緊）上的排柵 11 與工件 15 之間產生力。藉由在排柵 11 中以相同方式運行的鋸線段相對於工件的相對運動，通過噴射到鋸線排柵上的由鋸線段攜帶的精研劑以及鋸線橫向繃緊而從工件（及鋸切線）去除材料，形成鋸切間隙 13，在其中排柵 11 在以箭頭方向 18 繼續進給時穿過工件 15。

【0043】 在朝聖者步伐式鋸切方法中，鋸線縱向移動 9、10 的方向在完全切割穿過工件 15 期間多次轉向，其中在該稱作「朝聖者步伐」的每一對方向反轉中，鋸線在一個方向上移動較長的長度，而在相反的方向上

移動較短的長度。因此在每個完整的朝聖者步伐中，總計以對應於這兩個長度之和的鋸線長度運行通過切割間隙；但是由此總的鋸線供應在一次完整實施的朝聖者步伐之後，從卷下線軸向著卷上線軸移動了嚙合的鋸線段的長度，其僅對應於這兩個長度之差。

【0044】 第 2 圖所示為根據第 1 圖的設備的主要元件的側視圖，具體而言為在鋸線 1 或排柵 11 的鋸線段以箭頭方向 9 從左向右移動的時刻。由左噴嘴排管 19 噴射到排柵上的射流 22 以及由右噴嘴排管 20 噴射的仍然黏著在鋸線上的射流 23 的殘餘部分，在鋸線進入工件時絕大部分從工件表面脫離，形成鋸線進入側區域 26，磨料在其中累積，並且僅有少量的仍然殘留在鋸線上的磨料被鋸線引入鋸切間隙中，從而在此實施材料去除。

【0045】 在鋸切間隙 13 的長度  $L$  上，從鋸線進入直至鋸線從工件離開，由於排擠、滴落和顆粒破碎，由於從鋸線進入的位置測量，發生進行的磨料  $S$  的損耗，如第 2 圖中通過  $S = S(L)$  的圖中的曲線 24 所圖示。磨料的損耗、對工件的間隙中的鋸線嚙合長度實施的修琢作用的總量以及在鋸線與黏性磨料相對地運動時實施的鋸線嚙合長度的剪切作用的總量，導致從鋸線進入直至鋸線退出在鋸切間隙中在鋸線縱向上升高的溫度。這在第 2 圖中通過  $T = T(L)$  的圖中的曲線 25 加以圖示。

【0046】 第 3 圖與第 2 圖的區別尤其是在於，由箭頭 9 表示的鋸線運行方向反轉，並且從右向左運行。曲線 27 示意性地顯示了在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料的分配  $S = S(L)$ ，而曲線 28 顯示了在鋸線進入工件中的位置直至鋸線離開工件的位置測量在鋸線嚙合長度  $L$  上的溫度的分佈  $T = T(L)$ 。

【0047】 第 4 圖顯示磨料的分配  $S = S(L)$  以及溫度的分佈  $T = T(L)$  也隨著鋸線嚙合的長度改變。若工件例如具有所示的圓柱形的形狀，則鋸線嚙合長度  $L$  取決於工件的進給路徑長度改變。第 4 圖顯示了鋸入工件中的時刻，其中鋸線嚙合  $L$  的長度特別短。相應地，在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料的分配 37 以及溫度的分佈 38 比較小。但是在嚙合的時刻（開始切割），可以觀察到磨料的量的改變及溫度的改變。

【0048】 第 5 圖所示為在實施根據本發明的方法時在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料和冷卻劑的分配  $S = S(L)$  以及溫度的分佈  $T = T(L)$ 。根據本發明的設備除了具有在第 1 圖中所示的裝置以外還額外地具有左噴嘴 29 和右噴嘴

32。這些噴嘴位於鋸線排柵 11 下方。噴嘴之間距離的大小使得工件 15 在穿過鋸線排柵時在噴嘴之間具有足夠的空間。

【0049】 噴嘴 29 和 32 分別形成長的例如圓柱形的排管，它們的軸 41 和 42 分別平行於工件 15 的軸 14。排管由多個點狀單噴嘴組成，或者被設計為長的噴嘴狹縫。噴嘴 29 和 32 的長度及其相對於排柵 11 的軸向排列使得排柵在其整個寬度上被噴射到。

【0050】 在根據本發明的方法的在第 5 圖中所示的實施例中，鋸線 1 及由此在排柵 11 中的所有鋸線段從左側移動，其中供應的磨料在鋸線進入在區域 26 中的工件時脫離並累積。藉由噴嘴 19 將磨料從上方噴射到排柵上。在此階段，在排柵 11 下方僅打開噴嘴 32。噴嘴 32 是位於排柵下方的噴嘴，其與鋸線段的進入側相對，並且將冷卻劑以射流 30 從側面及從下方噴射到工件 15 中的切割間隙 13 中。

【0051】 因為切割間隙狹窄，並且隨著切割進程的深入進行而變得非常深，噴入的冷卻劑僅伸入切割間隙中到特定的深度，並因此僅在特定的區域 31 內。通過將冷卻劑從側面及從下方噴射到切割間隙中，區域 31 的面積特別大，冷卻劑的射流 30 的冷卻作用變得特別有效。噴嘴 32 相對於排柵 11 的距離 43、噴嘴 32 相對於工件 15 的表面的距離 44 以及冷卻劑的射流 30 的寬度 45 和角取向 46 較佳以如下方式加以設定，在切割間隙中形成調節溫度的區域 31，其產生在鋸線嚙合長度  $L$  上具有最大可能的均勻性 40 的溫度分佈  $T = T(L)$ 。

【0052】 冷卻劑較佳為切割活性硬物質在水性載液或含油的載液或含有二醇的載液中的漿料。特別較佳使用具有與從上方向著鋸線排柵噴射的磨料相同的組成的漿料作為冷卻劑。

【0053】 若使用具有相同組成的漿料，則噴射冷卻劑還具有在磨料損耗側獲得額外的磨料的作用。於是獲得在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料和冷卻劑的分配  $S = S(L)$ ，其對應於曲線 39，並且是特別均勻的。

【0054】 左噴嘴 29 和右噴嘴 32 較佳以如下方式排列，它們的軸 41 和 42 與工件 15 的軸 14 形成一個等腰三角形的頂點，其中軸 41 和 42 形成底邊，其中該底邊平行於鋸線排柵 11 的鋸線段。

【0055】 在第 5 圖中所示的實施例中，僅有噴嘴 19 在鋸切線 1 進

入工件的進入側將磨料 22 噴射到排柵 11 上。在此時刻在相對側的噴嘴 20 保持關閉。由於以箭頭方向 9 從左向右的當前鋸線移動，通過噴嘴 20 噴射的磨料藉由鋸線段的移動而從工件被帶走，在切割間隙中不發生切割作用。因為節約磨料，所以僅由各自位於當前鋸線進入工件中的一側的噴嘴 19 或 20 進行交替噴射是有利的。

**【0056】** 第 6 圖補充第 5 圖顯示了鋸線段以箭頭方向 9 從右向左移動的情況。在排柵 11 下方，現在僅打開噴嘴 29，其與鋸線段的進入側相對。通過該噴嘴將冷卻劑以射流 33 噴射到工件 15 的切割間隙 13 中。取決於噴嘴 29 相對於排柵 11 的距離、噴嘴 29 相對於工件 15 的表面的距離、射流 33 的寬度和角取向以及冷卻劑的射流 33 的體積流率，在切割間隙 13 中形成特別有效地調節溫度的區域 34。因此，在鋸線段的運行方向與第 5 圖相反的情況下，獲得在鋸線嚙合長度  $L$  上的溫度分佈  $T = T(L)$ ，其對應於曲線 36，並且是特別均勻的。若使用其組成與所用的磨料相一致的冷卻劑，則對應於曲線 35 的在鋸線嚙合長度  $L$  上磨料和冷卻劑的分配  $S = S(L)$  同樣是非常均勻的。

**【0057】** 根據本發明的方法較佳包括在朝聖者步伐式方法之後實施的單線多重精研切割，而根據本發明的方法的朝聖者步伐較佳由在第 5 圖和第 6 圖中所示步驟的序列組成：

**【0058】** 在第一子步驟中，鋸切線以箭頭方向 9 從左向右運行。在此，磨料的射流 22 噴射到排柵 11 上。同時將位於排柵 11 下方的與鋸線段的進入側相對的右噴嘴 32 打開，並將冷卻劑的射流 30 噴射到切割間隙 13 的區域 31 中。在此期間，位於鋸線排柵上方的噴嘴 20 和位於排柵下方的噴嘴 29 是關閉的。代替性地，也可以將位於鋸線排柵上方的噴嘴 20 打開。

**【0059】** 在第二子步驟中，鋸切線從右向左運行。在此，磨料的射流 23 噴射到排柵 11 上。同時將位於排柵 11 下方的與鋸線段的進入側相對的左噴嘴 29 打開，並將冷卻劑的射流 33 噴射到切割間隙 13 的區域 34 中。在此期間，位於鋸線排柵上方的噴嘴 19 和位於排柵下方的噴嘴 32 是關閉的。代替性地，也可以將位於鋸線排柵上方的噴嘴 19 打開。

**【0060】** 噴嘴 29 和 32 分別與排柵 11 之間的最佳距離、噴嘴 29 和 32 分別與工件表面之間的最佳距離、射流 30 和 33 分別的最佳的寬度和角

取向、以及通過噴嘴 29 和 32 噴射的冷卻劑的分別最佳體積流率，例如藉由以各自改變的排列方式進行試切割並利用熱成像攝像機評估所獲得的溫度分佈以及藉由測量所得的切片在鋸線縱向上的楔形度評估所獲得的磨料和冷卻劑的分配加以確定。該最優化過程對於鋸切類型獨立地實施，因為鋸線引導滾筒的數量、尺寸和距離（排柵長度）、噴嘴 19 和 20 的種類和排列方式以及周圍的機器外殼的熱狀況是根據設計系列而不同的，因此對於最佳的冷卻以及磨料和冷卻劑的分配具有不同的作用。最優化過程還可以伴隨著生產進行，即不會由於試切割而損失產率。

### 【符號說明】

#### 【0061】

- 1. 鋸切線
- 2. 凹槽
- 3. 左鋸線引導滾筒
- 4. 右鋸線引導滾筒
- 5. 軸
- 6. 軸
- 7. 旋轉
- 8. 旋轉方向
- 9. 箭頭方向
- 10. 箭頭方向
- 11. 上排柵
- 12. 下排柵
- 13. 鋸切間隙
- 14. 軸
- 15. 工件
- 16. 鋸切條帶
- 17. 黏合劑
- 18. 箭頭
- 19. 左噴嘴排管
- 20. 右噴嘴排管

- 22. 左側長射流
- 23. 右側長射流
- 24. 曲線
- 25. 曲線
- 26. 鋸線進入側區域
- 27. 曲線
- 28. 曲線
- 29. 左噴嘴
- 30. 射流
- 31. 區域
- 32. 右噴嘴
- 33. 射流
- 34. 區域
- 35. 曲線
- 36. 曲線
- 37. 分配
- 38. 分佈
- 39. 曲線
- 40. 均勻性
- 41. 軸
- 42. 軸
- 43. 距離
- 44. 距離
- 45. 寬度
- 46. 角取向

**【生物材料寄存】**

(無)

**【序列表】**

(無)

## 申請專利範圍

1. 一種用於從工件同時切割多個切片的方法，其包括

藉由一線鋸的進給裝置以工件的軸平行於線鋸的鋸線引導滾筒的軸的方式保持工件；

藉由該進給裝置使該工件以垂直地從上方通過該線鋸的排柵的方式移動，其中係由多個彼此平行且在一個平面內運行的鋸線段形成該排柵；

將一硬物質在載液中的漿料作為磨料供應至該等鋸線段，同時該等鋸線段通過該等鋸線引導滾筒的旋轉在連續不斷地改變旋轉方向的情況下相對於該工件實施相對運動，其引導鋸線段從進入側直至退出側通過該工件；

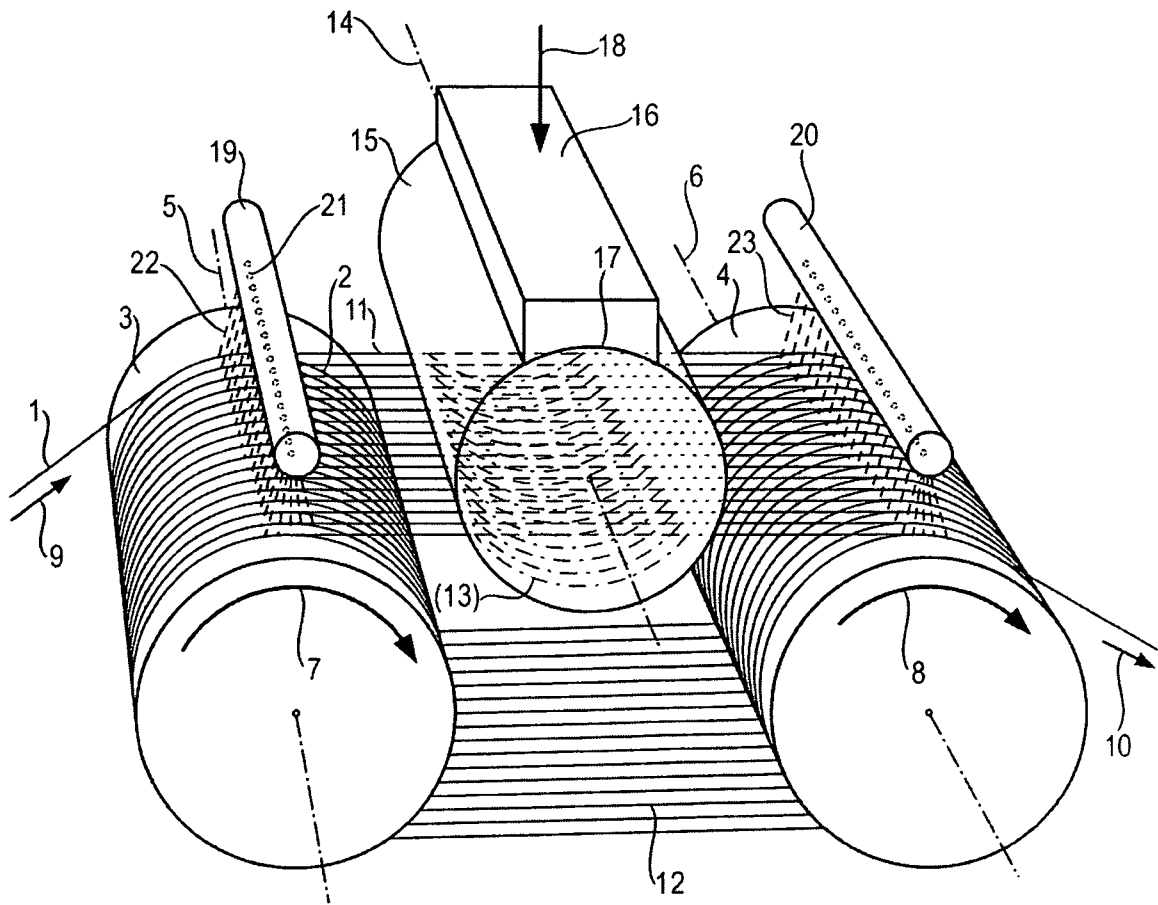
將一冷卻劑從側面及從下方噴射到在該工件移動時通過該排柵形成的切割間隙中，其中通過位於該排柵下方與該等鋸線引導滾筒的軸平行的噴嘴將該冷卻劑噴射到該等切割間隙中，及其中僅通過與該等鋸線段的進入側位置相對的噴嘴將該冷卻劑噴射到該等切割間隙中。

2. 如請求項 1 的方法，其中係使用另一硬物質在載液中的漿料作為該冷卻劑。
3. 如請求項 2 的方法，其中所用的該磨料和所用的該冷卻劑具有除溫度以外相同的特性。
4. 如請求項 1 或 2 的方法，其中所用的該磨料和所用的該冷卻劑具有相同的溫度。
5. 如請求項 1 或 2 的方法，其中所用的該磨料和所用的該冷卻劑具有不同的溫度。
6. 如請求項 1 或 2 的方法，其中該冷卻劑的溫度在該工件移動通過該排柵時改變。
7. 如請求項 6 的方法，其中該冷卻劑的溫度取決於該等鋸線段在該工件中的嚙合長度而改變。
8. 如請求項 7 的方法，其中該冷卻劑的溫度隨著鋸線嚙合長度的增大而

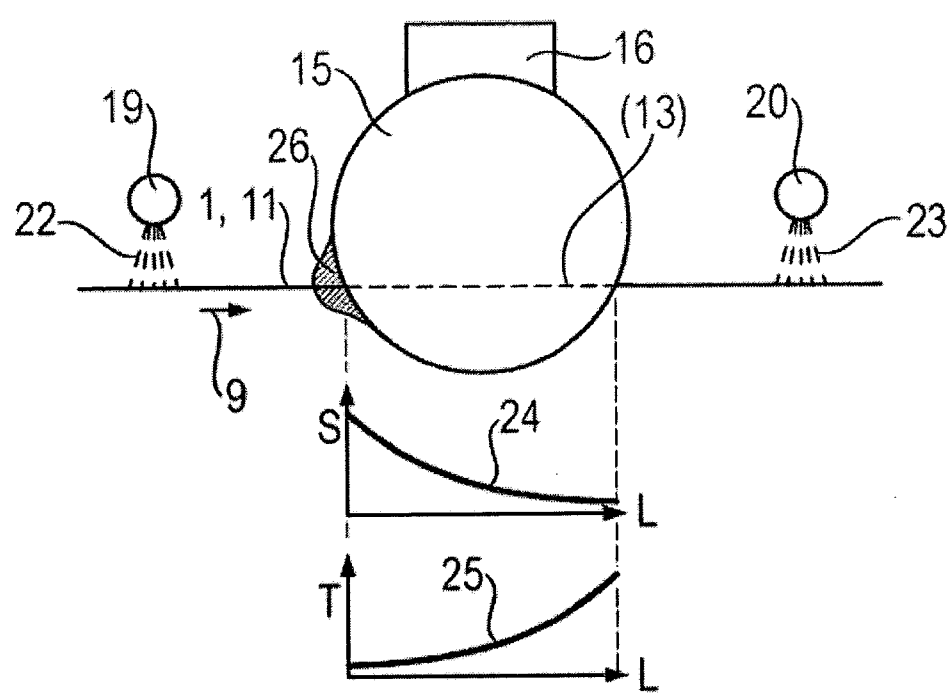
升高，以及隨著鋸線嚙合長度的減小而下降。

9. 如請求項 1 或 2 的方法，其中噴入的冷卻劑的體積流率在該工件移動通過該排柵時保持恆定。
10. 如請求項 1 或 2 的方法，其中噴入的冷卻劑的體積流率在該工件移動通過該排柵時改變。
11. 如請求項 10 的方法，其中該噴入的冷卻劑的體積流率取決於在該工件中的鋸線嚙合長度而改變。
12. 如請求項 11 的方法，其中該噴入的冷卻劑的體積流率隨著鋸線嚙合長度的增大而升高，以及隨著鋸線嚙合長度的減小而下降。
13. 如請求項 1 或 2 的方法，其中使用一直徑至少為 450 毫米的單晶作為該工件。

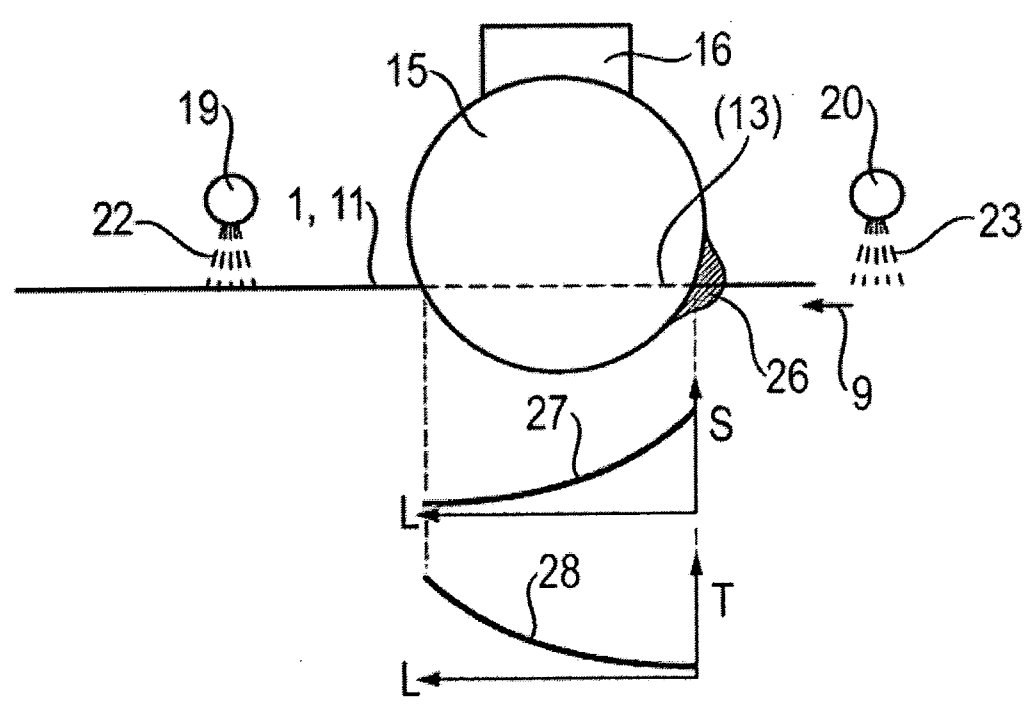
圖式



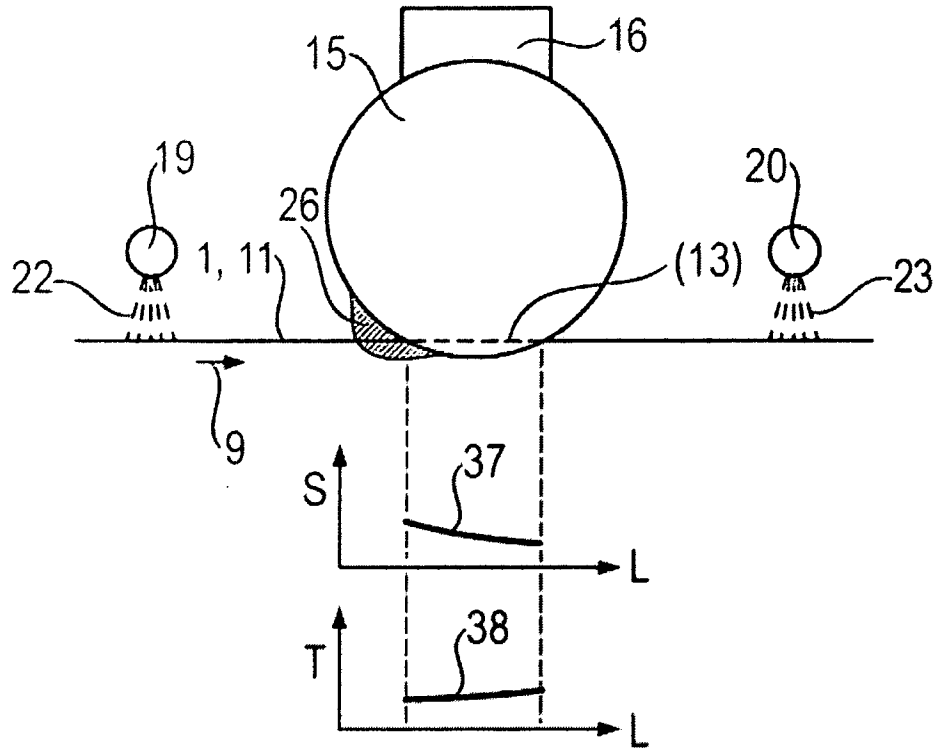
第 1 圖



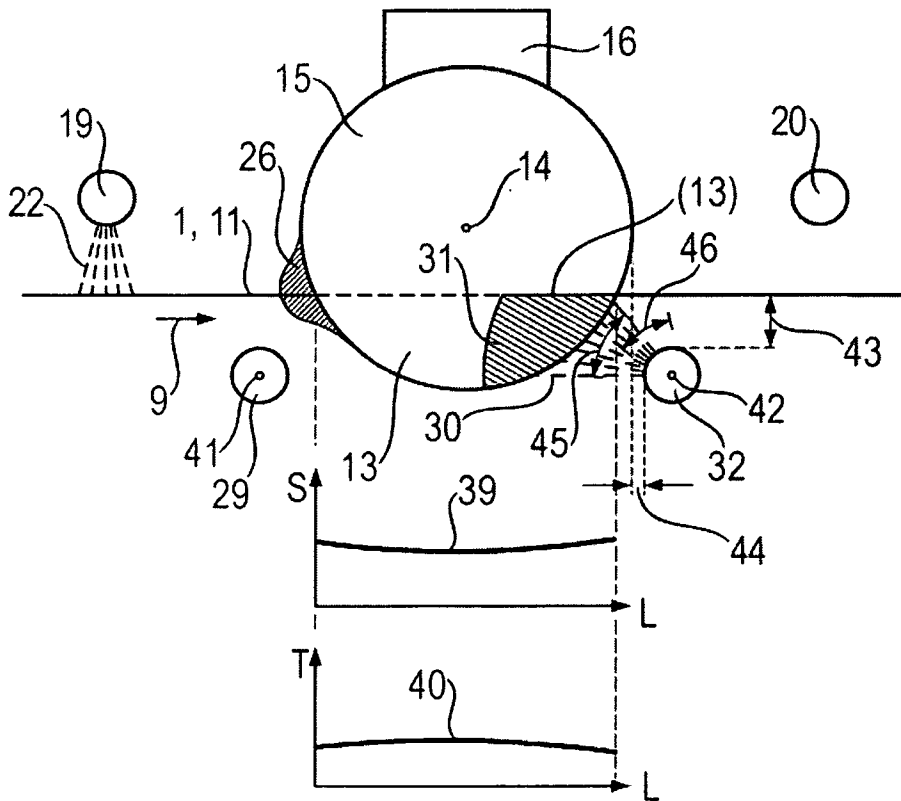
第 2 圖



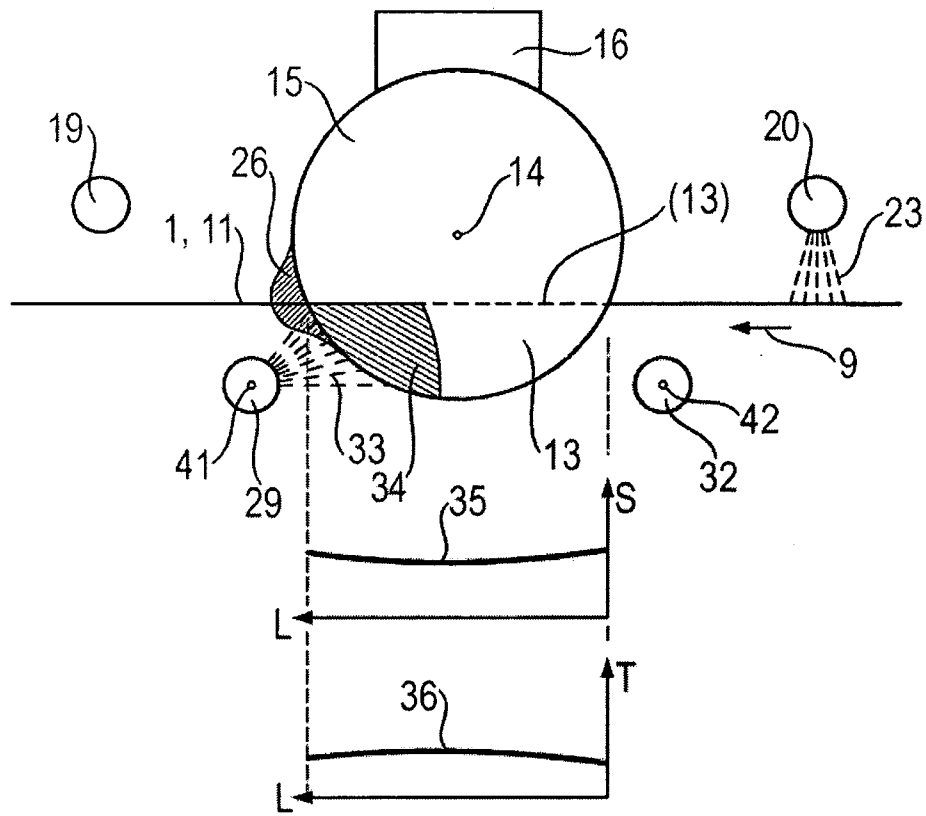
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖