[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl[6]
B22D 11/01
B22D 11/00

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 89107397.3

[45]授权公告日 1997 年 12 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1036570C

[22]申请日 89.9.20 [24]颁证日 97.9.13

[21]申请号 89107397.3

[30]优先权

[32]88.9.21 [33]FR[31]88/12423

[73]专利权人 米什兰-西,米什兰企业公司

地址 法国多姆山

[72]发明人 比扎奥·迪尼斯

杜彻夫迪拉维尔·格拉德

扎里格·古

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 卢 宁

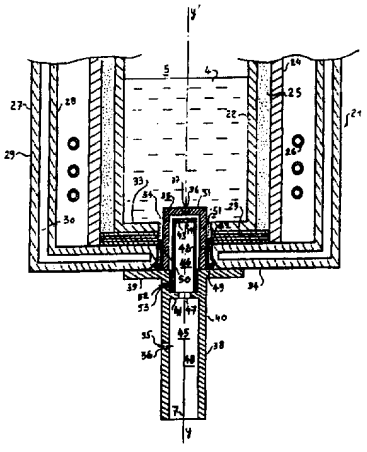
审查员 韩晓刚

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 制取非晶质金属合金丝的方法与装置

[57]摘要

一种制取非晶质金属合金丝的方法和装置(20),其特征在于熔融的能形成非晶质的合金(4)的金属流(7)在其进入冷却液体(9)之前,同一种能至少与其合金组分之一起化学反应的气体(55)相接触,以便在金属流周围表面形成一能使该金属流稳定的表面层。



权 利 要 求 书

1. 一种制取非晶质金属合金丝的方法，包括下列步骤：通过一喷咀形成一种熔融的非晶质的金属流，然后使其进入冷却液体中以获得快速凝固，从而制取非晶质金属丝，所述方法的特征在于：

a. 所述合金含有以原子百分数计为2%以上的硅；在所述的金属流进入冷却液之前，使该金属流与一种能氧化该金属流中的硅的气体接触，该氧化反应在表面发生从而在金属流周围形成一能使所述金属流稳定的表面层；

b. 进入冷却液体的所述的金属流在离心力作用下贴到转筒滚筒内壁；

c. 所述的金属流是由包括合金的贮液筒的装置来得到的，该贮液器设置在所述的滚筒的外面；

d. 所述金属流在喷咀和冷却液体之间行经的距离为 10 至 100cm。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述气体为一种气体混合物，该气体混合物由氢气或惰性气体与至少另一种气体组成，所述另一种气体由下列中选择：水蒸气，二氧化碳，一氧化碳。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于金属流是在

其通过喷咀之前，在熔融的合金上对着合金施加一种惰性气体而形成的，所述气体的压力至少等于5巴，所述金属流速度至少等于10米/秒。

4. 根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于金属流是在其通过喷咀之前，在熔融的合金上对着合金施加一种惰性气体而形成的，所述气体压力小于3.5巴，所述金属流速度小于8米/秒。

5. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于所述金属流是通过设置在所述滚筒外面的装置而获得的。

6. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于所述喷咀在其形成金属流一面由一种气体进行保护。

7. 一种制取非晶质金属合金丝的装置，该装置包括一个能容纳处于液态的非晶质合金的贮液器，一个喷咀，一个施加压力而使液体合金流经喷咀形成金属流并进入到能使其快速凝固的冷却液体中而形成非晶质金属丝的装置，其特征在于：

a. 所述合金含有以原子百分数为2%以上的硅；

b. 在所述贮液器和冷却液体之间设有一筒壳，金属流穿过该筒壳才进入冷却液体，所述筒壳可装有一种能氧化该金属流中的硅的气体，该氧化反应在表面发生从而在金属流周围形成能使所述金属流稳定的表面层；

c. 所述装置包括一转动滚筒，所述的 进入冷却液体的金属

流在离心力作用下贴到转动滚筒的内腔；

d. 所述的贮液器设置在所述的滚筒的外面；

e. 所述金属流在喷咀和冷却液体之间行经的距离为 10 至 100*cm*。

8. 根据权利要求 7 所述的装置，其特征在于所述气体为一种气体混合物，该气体混合物由氢气或一种惰性气体与至少另一种气体组成，所述另一种气体由下列中选择：水蒸气，二氧化碳，一氧化碳。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的装置，其特征在于所述贮液器含有一种作用在合金液上的惰性气体，其压力至少等于 5 巴，所述具有压力的气体能使金属流的速度至少等于 10 米/秒。

10. 根据权利要求 7 或 8 所述的装置，其特征在于所述贮液器含有一种作用在合金液上的惰性气体，其压力小于 3.5 巴，在所述具有压力的气体作用下金属流速度小于 8 米/秒。

11. 根据权利要求 7 或 8 所述的装置，其特征在于所述装置设有一转动滚筒，该滚筒能通过离心力作用在其内壁上形成冷却液体的液层，金属流正是被引入该液层中的。

12. 根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于所述贮液器设置在滚筒的外面。

13. 根据权利要求 7 或 8 所述的装置，其特征在于该装置设有一可动的皮带，该皮带能带动冷却液体的液层，金属流就是进入该

液层中的。

14. 根据权利要求 7 或 8 中之一所述的装置，其特征在于它设有一些能从金属流一侧引入气体与喷咀接触并对其进行保护的装置。

说　　明　　书

制取非晶质金属合金丝的方法与装置

本发明涉及非晶质的金属合金丝。特别涉及通过在液体介质中快速速冷却制取非晶质金属合金丝的方法和装置。上述合金特别是铁基的。

通过将熔融的合金流喷射到冷却的液体层中，例如喷射到水层中而制取非晶质金属丝已是公知技术，在这类公知技术中，上述冷却液体由于离心力的作用而贴附在转动滚筒的内壁上或分布在运动的传送带的底部上。这类制取方法已在专利文献中叙述过，例美国专利3 845 805和4 523 626。

这些方法具有下列缺点：

喷射的金属流有分解成液滴的倾向，这或者引起金属流变得断断续续，从而无法获得一连续的金属丝，或者虽然能获取一连续的金属丝，但其断面是不规则的。

为避免出现上述分解成液滴的倾向，在铁基合金的情况下，必须遵守下列操作条件：

——熔融金属出口喷咀与冷却水之间距离应当很小，大约小于3毫米；

——液体金属喷射速度应当很高，至少约等于8米/秒，这就是说用来将金属从喷咀喷射出的气体的压力应当是很高的，至少等于3．5巴；

——另外，熔融金属与外部介质之间的温差是很大的，由于喷咀

与冷却水之间距离很小，所以不可能采用普通零件对喷咀和盛有熔融的、能形成非晶质的合金的贮液器进行绝热和增强其性能。因此只有采用如二氧化硅这样特殊的材料才行，二氧化硅这种材料能经受很大的温度差，但与此相反这种材料却经受不住压力，以致于用来将金属从喷咀喷出的气体的压力要小于５巴。一般说这就导致金属流的速度小于１０米／秒，其结果是金属流缺乏匀称性以及制取金属丝的速度降低：

——在制取金属丝时必须对各种操作特性进行严格的协调，而这种协调在工业生产条件下是很难进行，很难得到保证的：

——最后，在采用转动滚筒和转动液筒中水在离心力作用下贴附在滚筒内壁情况下，由于在喷咀和水之间距离应当很小，金属流由其出来的贮液器应当设置在液筒的内部，这样，由于尺寸的缘故，贮液器的容量不能超过约５００克的金属量，而所制造出来的金属丝的长度也就必须受到限制。

法国专利ＮＯ２　１３６　９７６，ＮＯ２　２３０　４３８和ＮＯ２　３６７　５６３，以及科技文献“用钢液制取细金属丝”（登载在《冶金杂志》上，１９７７年3月号，作者：马苏伯尔，弗利热及其合作者）等叙述了一种在某种气体气氛中冷却熔融金属流直至凝固而制取钢丝的方法，该金属流通过表面的氧化反应作用而达到稳定。该方法需要金属流在上述气体气氛中的行程长度特别长以便获得凝固效果，因而该方法不适用于制取非晶质合金丝，因为其淬火速度不够快。

本发明的目的就是克服上述现有技术的缺陷。

本发明涉及一种制取非晶质金属合金丝的方法，该方法是使熔融的、能形成非晶质的一种合金流通过一喷咀並使其进入一种冷却液体

中以便使该金属流获得快速凝固，从而产生非晶质金属丝，所述方法有以下各点特征：

1. 在金属流进入冷却液之前，使其与一种能至少与合金中一种组分起化学反应的气体接触；

2. 上述化学反应在表面进行，以便在金属流周围形成一层能稳定该金属流的反应物层；

3. 金属流从喷咀到冷却液所经过的距离可以大于1厘米。

本发明还涉及一种制取非晶质金属合金丝的装置，该装置设有一能盛装呈液态的，能形成非晶质的合金的贮液器，一喷咀，施加压力使合金液通过喷咀形成金属流，向冷却液流动的诸装置，该冷却液能使金属流得到快速凝固，从而形成非晶质金属丝。所述装置有以下各点特征：

1. 在贮液器和冷却液之间设有一筒壳形装置，金属流通过该筒壳后才到达冷却液；该筒壳能容有一种至少与合金组分之一起化学反应的气体；

2. 上述化学反应在表面进行，以便在金属流的四周形成能使其稳定的反应物层；

3. 喷咀和筒壳设置得使金属流从喷咀到冷却液体的距离大于1厘米。

本发明还涉及根据本发明方法和装置而获得的非晶质金属丝。这种金属丝可以例如用来增强塑材制品或橡胶制品，尤其是轮胎外胎，本发明因此也涉及这些制品。

下述实施例以及与其相关的附图对本发明作进一步说明，使本发明更易得到理解，但本发明不限于上述实施例。

附图说明：

图1表示用来获取非晶质金属丝的公知装置。该装置设有一转动的滚筒，图1为沿垂直于滚筒转动轴割切的剖面图；

图2表示图1的装置，为沿含有滚筒转动轴平面剖切的剖面图，图2的剖面由图1中直线段II—II所示意的剖切位置而得到的；

图3表示本发明装置，为一轮廓外形图，该装置设有一转动液筒和一喷流装置；

图4表示图3的装置，为沿一通过滚筒转动轴平面的剖面图，该剖面的位置由图3中直线段IV—IV图示表示出；

图5详细表示图3和图4中所表示装置的喷流装置，图5为沿一通过该装置轴线平面的剖面图，该剖面位置由图4中直线段V—V表示出；

图6表示本发明另一种装置，该装置设有一输送带，图6为沿输送带纵向平面的剖面图；

图7表示图6中装置的输送带的一部分，图7为横切面的剖面图，图7的剖切位置在图6中直线段V11—V11表示出。

图1和图2表示制取非晶质金属丝的公知装置。该装置1设有一贮液器2，它由一坩锅组成，坩锅周围设有一感应线圈3，它能使盛装在贮液器2中的，能形成非晶质的铁基金属合金4熔解。处在压力下的气体5，例如氩气，能使液态合金4流经喷咀6而获得金属流7，对于合金4来说，气体5是惰性的。该金属流7流达贴附在液筒11内壁10上的冷却液体9的液层8，所述冷却液体例如可以是水。金属流7凝固速度极快，从而获得非晶质金属丝12。液筒绕其轴沿箭头F11所示方向转动，其转轴用XX'表示，而由其转动而形成的离心力使冷却液9以均匀柱状层形式贴附在内壁10上，图1为垂直于轴XX'的剖面图，图2为沿轴XX'的剖面图，该剖面位

置由图1中直线段II—II表示。

金属流7在其进入液层8之前有分解成液滴的倾向。为避免分解成液滴，必须遵守下列操作条件：

——喷咀6和液层8之间的距离，即金属流7的长度应该是短的，大约小于3毫米；

——金属流7的喷射速度应当是高的，至少等于约8米／秒，这就是说，气体5的压力应当是高的，至少等于3．5巴；

——熔融金属4和贮液器2周围空气之间的温差是很大的，再由于喷咀6和冷却水9之间的距离很短，因此不可能采用普通零件来对喷咀6和贮液器2进行隔热和使其增强，只能采用如二氧化硅之类的耐火材料，不过二氧化硅抗压性能不好，于是氩气的压力就要小于5巴，並且金属流7的速度要小于10米／秒，这就使金属流7缺乏均匀性，且制取金属丝的速度降低；

——因而在制取金属丝时就必须严格地协调各操作特性，而这种严格的协调在工业生产条件下很难得到保证，而且不是经常能找到这种协调的办法；

——贮液器2应当设置在滚筒11的内部，因而其容量就要缩减，至多约等于500克，金属丝12的长度也就要受到限制。

图3和图4表示出本发明的装置20，所述装置20设有绕转动轴x x'转动的滚筒，以及能使熔融金属流7喷射入液层8的喷流装置21，液层8靠离心力作用贴附在滚筒11的内壁10上。

图3为轮廓外形图，图4为沿通过转动轴x x'和金属流7与液层8接触点的一平面的剖面图，该剖面位置在图3中用直线段1v—1v表示出。图5详细表示出装置21的一部分，该图5为沿通过装置21轴线y y'的平面的剖面图，其剖面位置由图4中直线段v—

V表示出。

装置２１设置在滚筒的外部。该装置２１设有一由陶瓷坩锅组成的贮液器２２，坩锅可以由例如锆砂或氧化铝制成。坩锅２２放置在例如由氧化铝耐火水泥制成的绝热支撑２３上。坩锅周围设有一柱状外套２４，该外套２４可以由例如锆砂制成。在坩锅２２，支撑２３和外套２４之间填装有由紧实的氧化铝粉末构成的填料２５。外套２４周围设有感应线圈２６，该线圈通过电流时能使将形成非晶质的铁基的合金熔化。坩锅２２，支撑２３，外套２４以及填料２５所形成的整体的外围设有一外壳２７，该外壳由两层钢壁２８、２９组成，在壁２８和２９之间装有如水等的冷却液体３０。呈倒杯状的零件３１设置在孔口３２中，孔口３２穿过坩锅２２的底部３３和外壳２７的底部３４。支撑２３和外套２４直接放置在外壳２７的底部３４上。杯状零件３１可以由例如锆砂制成。喷咀３６设置在零件３１的顶端部分，喷咀３６可以由例如锆砂或二氧化铝制成。该喷咀３６的孔口３７沿轴线ｙｙ'安置，轴线ｙｙ'也是孔口３２的轴线和装置２１的轴线。装置２１还设有一部件３８，该部件上有一法兰３９，法兰３９可以使所述部件压在外壳２７上。部件３８还设有一柱状筒壳４０以及环状凸边４１，环状凸边４１上放置一呈倒杯形的零件４２，其顶部４３上有一孔口４４，孔口４４位于喷咀３６的孔口37下方而且以ｙｙ'为其轴线。法兰３９，柱状筒壳４０和环状凸边４１由例如钢等材料制成。零件４２由例如锆砂之类陶瓷材料制成。柱状筒壳４０在环状凸边４１之下的内空间４５和倒杯状零件４２的内空间４６通过孔口４７互相连通，构成筒壳总体４８。

凸缘３９处的密封通过环状垫圈４９来实现，垫圈４９可以由例如橡胶制成。

装置２０的功能如下：

让电流通过感应线圈２６，从而使放置在坩锅２２中的能形成非晶质的合金熔化。熔融合金４使予先放置在支撑件３１周围，即支撑件３１为一方与坩锅２２，外壳２７和支撑件２３为另一方这两者之间的钢环套５０的上部熔融。钢环套５０的部分熔融就在支撑件３１和坩锅２２之间形成钢垫圈５１。该垫圈５１连同环状垫圈４９一道确保装置２１有良好的密封性。在合金４上面的处于坩锅中的氩气在压力作用下将所述合金喷挤出，通过喷咀３６而形成金属流７，金属流７沿ｙｙ'轴线方向通过件４２上的孔口４４，通过内空间４５和４６，即筒壳４８，最后从装置２１喷出而进入水９的液层８中进行快速凝固，从而形成金属丝１２。淬火速度（淬火方式是公知的）在１０５度℃／秒范围中，水９由设在滚筒周围的公知的冷却系统来进行冷却，由于简化缘故，该系统未在附图中表示出来。在柱状筒壳４０上设有孔口５３，通过孔口５３可以引入少量的氢气５２。于是，氢气５２充满空间５４，该空间位于杯状零件４２的外围，即零件４２与支撑件３１，柱状筒壳４０和环状凸边４１之间。这样氢气就会与喷咀３６接触。

操作中还引入气体５５，该气体能够至少与合金４的组分之一进行化学反应，气体５５可以是例如由氢气和水蒸气组成的混合物，它由开设在柱状筒壳４０上位于环状凸边４１之下的孔口５６引入。混合物５５由此而充满了内空间４５、４６，即充满了筒壳４８中。氢气５２由筒壳４８上的孔口４４逸出。氢气从筒壳４０中逸出而进入大气中时进行燃烧，这是为了安全缘故，因此在装置２０运行时，通过孔口５３保持一股氢气气流５２，通过孔口５６保持一股氢气与水蒸气的混合流。混合气５５在与高温的金属流接触时能至少对合金４中

一元素（尤其是硅）起氧化作用。该氧化反应在表面进行，形成非常薄的氧化层，该氧化层能使金属流7稳定，而金属流7作为整体说仍然是液体。氢气52与喷咀36接触能保护喷咀使其不受混合气55的作用。能使金属流7稳定的现象是复杂的，这很可能是由下列原因引起的：由于形成超微的表面氧化层，其厚度小于0．1mm，则表面氧化作用表现为表面张力减小和表面层粘度的增加。由于上述稳定化作用，金属流7的长度L（指喷咀7和液层8之间的）可以容易地超过1厘米，该长度L最好在10厘米和1米之间。这可以带来下述好处：

——由于加大喷咀36和液层8之间的距离。则可以获得较大的可使用空间，以便能在其间设置一些能改善装置21抗热性和机械强度的零件。实际上，支撑23，外套24和填料25使坩锅具有良好的绝热性。另外，支撑件31沿平行轴线yy'方向的长度可以很长，这就使得该支撑件31可以避免产生过大的热应力，加长的支撑件31和杯状零件42也使得喷咀36具有良好的绝热性。最后，钢外壳27使整体装置具有良好的机械强度，总之由于L长度的加长使得设置上述零件成为可能。装置21耐热性及机械强度的改善给提高气体5的压力带来机会，现在气体5的压力可以超过5巴，于是金属流的速度也可超过10米／秒。

——装置21和坩锅22均设置在滚筒11的外部，因而就有可能采用大容量的坩锅22，大量的合金4，即超过500克，这样就有可能使金属丝12的长度增长。

——喷咀36和液层8之间的距离可以在很大的范围内变化，这就使得在调节装置21与滚筒之间相对关系时可以有很大的灵活性，尤其是涉及到调节金属流7相对于液层8的表面80（沿XX'轴线

方向设置）的方向时更是如此。

——金属流7的稳定使得有可能采用较低的气体5的压力，如果希望采用低压力的话，例如压力低于3．5巴，从而金属流7的速度也就降低，例如低于8米／秒，由于在选择压力上有灵活性，上述作法还有利于增加调节装置20的灵活性。较低速度的金属流7例如在氧化反应的动力学过程很缓慢情况下是必要的，既使在这种情况下、本发明也能获得连续的金属流7。

——最后，本发明装置20可以扩大合金成分的范围，它是由于这些成分才有可能制取非晶质金属丝。实际上，公知的装置，例如装置1，不可能用含有铁，硅，硼，或当硅含量少于5％（原子百分数）时含铁，镍，硅和硼的合金来制取非晶质金属丝，此时只能获取金属球珠。与此相反，本发明却可以用上述那种合金来制取非晶质的金属丝，既使硅含量少于5％（原子百分数），这主要是由于有氧化性气体55存在的缘故。

为了使金属流7能经受住在液层8中的极快速度的淬火而制取非晶质的金属丝12，重要的是要让金属流7在整个长度L过程中都保持液态，也就是说当金属流7与水9相碰撞时，金属流7的温度应当高于合金4的熔化温度。因此氢气52和氧化性混合气55不应该明显地对金属流7进行冷却，凝固过程只在液层8中进行。当合金4含有硅时，以及金属流7的稳定化是由硅的氧化来实现的，那么硅在合金4中的含量最好高于0．2％（原子百分数）。

金属流7例如说是由高往低沿垂直方向流动，正如前述中装置20的情况，而滚筒11的轴线XX'以及将液层8限定在XX'轴线方向的柱状水液各母线80与垂直方向形成40至70度夹角。但也可以让金属流7从装置21喷出时沿另外方向流动，例如说沿水平

方向流动，或从低到高的流动。

现举例来说明装置２０各特征参数：

滚筒１１的直径：４７厘米：

轴线ＸＸ＇相对于垂直线的角度：４５°；

液层表面８０转动的线速度：与金属流7的线速度同一个数量级：

液层8的厚度：０．５—3厘米：

坩锅２２容量为3公斤（３公斤的可形成非晶质的合金4）：

喷咀３６之喷口直径：１６５微米：

冷却水9的温度：５℃：

上述装置２０用来实施下述两个实验的：

实验1：

合金4成分：$Fe_{78}Si_{9}B_{13}$，即７８％的Ｆｅ，９％的Ｓｉ，１３％的Ｂ（按原子百分数计）：

该合金熔化温度：１１７０℃：

合金4在坩锅２２中的温度：１２００℃：

气体5的压力：５巴：

金属流7从喷咀３６出口的速度：１０米／秒：

喷咀３６与液层8之间的距离：３０厘米，该距离等于金属流7从喷咀３６至液层8的长度Ｌ。

实验2

合金4的成分：$Fe_{58}Ni_{20}Si_{10}B_{12}$，即Ｆｅ５８％Ｎｉ２０％，Ｓｉ１０％，Ｂ１２％（按原子百分数计）：

该合金熔化温度：１０９３℃；

合金4在坩锅２２中的温度：１１３０℃；

气体5的压力：１０巴；

金属流7的速度：14米／秒；

喷咀36至液层8的距离：30厘米，该距离即等于金属流7从喷咀36至液层8的长度L。

在上述两实验中，金属流7从喷咀36至液层8的整个行程中都是连续的，没有形成液滴。连续的金属流再加上液层8所产生的极快速冷却效果就能获得非晶质金属丝12，其圆断面的直径为160微米，金属丝12的形状在其长度上都是均匀规则的。

坩锅22是作为能在其中进行合金4熔化的贮液器而使用的，但也可以使用一种贮液器，其中的金属液是予先熔化好的然后加注到该器中，加注的方式例如可以是连续的。

在装置20中，装置21是设置在液筒11的外面，但如果将其设置在液筒11内部，本发明仍显示出其优越性，尽管采用的长度L很短，例如2厘米，装置仍能获取金属流7，另外还能极灵活地对喷流进行调节，同时还能保护装置不受热影响和机械损坏作用。

前述各实施例中，冷却水层8是借离心力在转动的液筒内部形成的，但本发明也适用于其他形式的冷却液层，例如可以应用运动的皮带来作为冷却液的支承体，如图6和图7中所示。

图6中所示装置60设有前面叙述过的装置21以及由滚轮62支承的皮带61。图6为沿皮带长度方向剖切的剖面图，图7所示为部分皮带断面图，图7的断面由图6中的直线段V11—V11表示出其位置。滚轮62使皮带61能够移动，皮带上部的移动方向如箭头F60所示，是倾斜地指向下方的。图7所示皮带上部的断面由两基本部分组成，一个基本部分是构件63，其形状为开口朝上的U形，从而在皮带上形成一通道64，构件63支附在具有矩形断面的下支承件65上，该支承件65经过加固以保证必要的刚度。将冷却液

9，例如水，通过管路６６引至皮带上部的顶端，水由皮带６１的带动而移向下方，其速度与皮带速度相同，这样就在通道６４中形成一液层６７。冷却水９随后流入容槽６８，其流动方向由箭头Ｆ６０ｂ表示。冷却水接着由泵６９重新送到管路６６中，以便再次注入皮带６１上。

装置２１将金属流７引入液层６７中，在其中快速淬火以制取非晶质金属丝１２。金属丝１２随冷却水９沿箭头Ｆ６０方向移动，然后被绕卷在卷筒７０上，卷筒７０设置在皮带６１的下部的附近。

本发明还由于利用装置６０而可获得高速的金属流和更大灵活性来安置装置２１，並且由于喷咀３６和液层６７之间的长度较长，还能具有前面所述的由此而引出的各种优点。

当然本发明不限制在上述的各实施例，还可以有下列各种设置和措施：

——除利用氢—水蒸气混合物外还可以利用其他的氧化性气体，例如可以利用氢及二氧化碳的混合气，氢和一氧化碳的混合气，或者氢与至少两种氧化性气体的混合气，所述两种氧化性气体可以下列中选择：水蒸气、二氧化碳，一氧化碳；还可以利用氧作为氧化性气体，或者包含有氧的混合气，另一种气体例如可以是空气；

——还可以利用其他气体替代氢气，例如可以用惰性气体来替代，尤其是氮气或氩气；

——可以用氢气之外的其他气体来保护喷咀，甚至可以考虑取消这种保护，只要喷嘴能经受得住使金属流稳定化的气体的作用；在这种情况下，对于那些很难实现稳定化的合金，最好能在金属流从喷咀出来时引入氧化性气体直接与金属流接触；

说　明　书　附　图

图.2

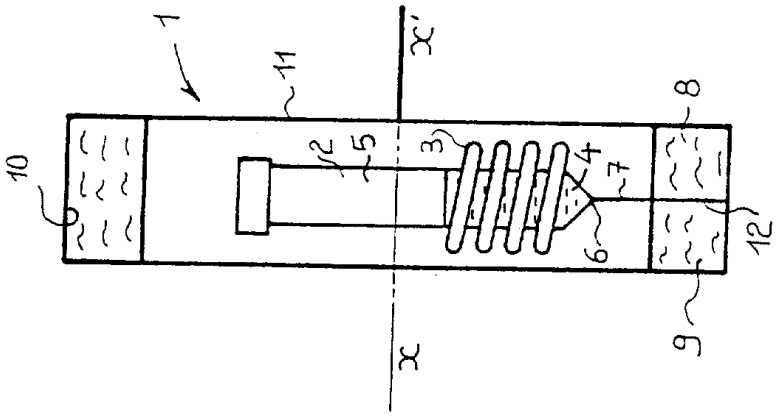
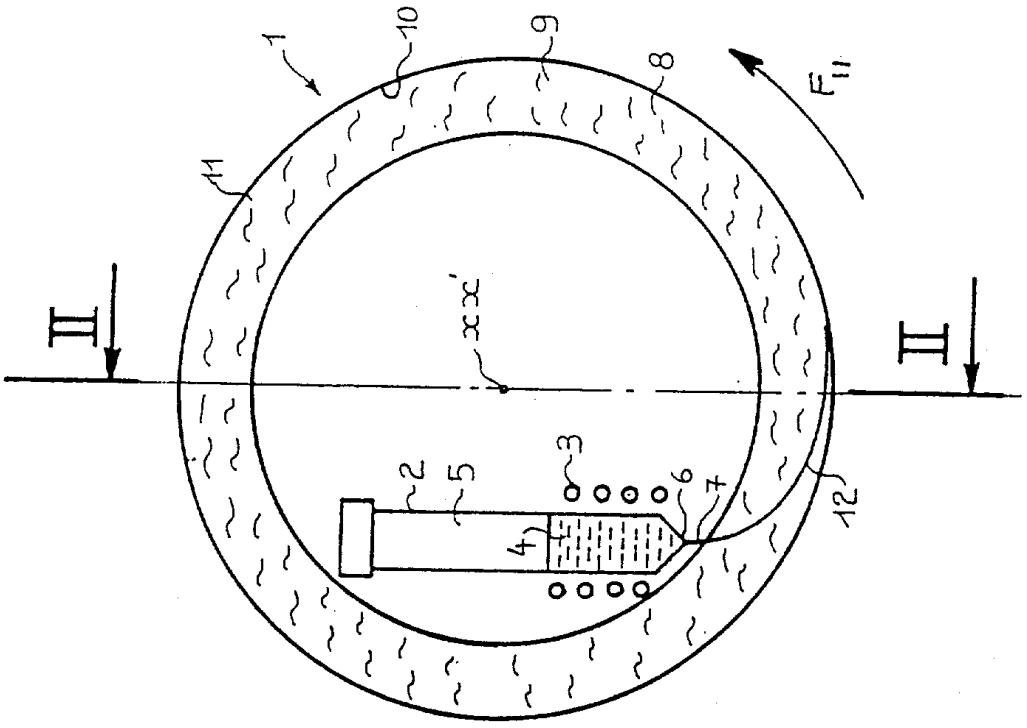


图.1



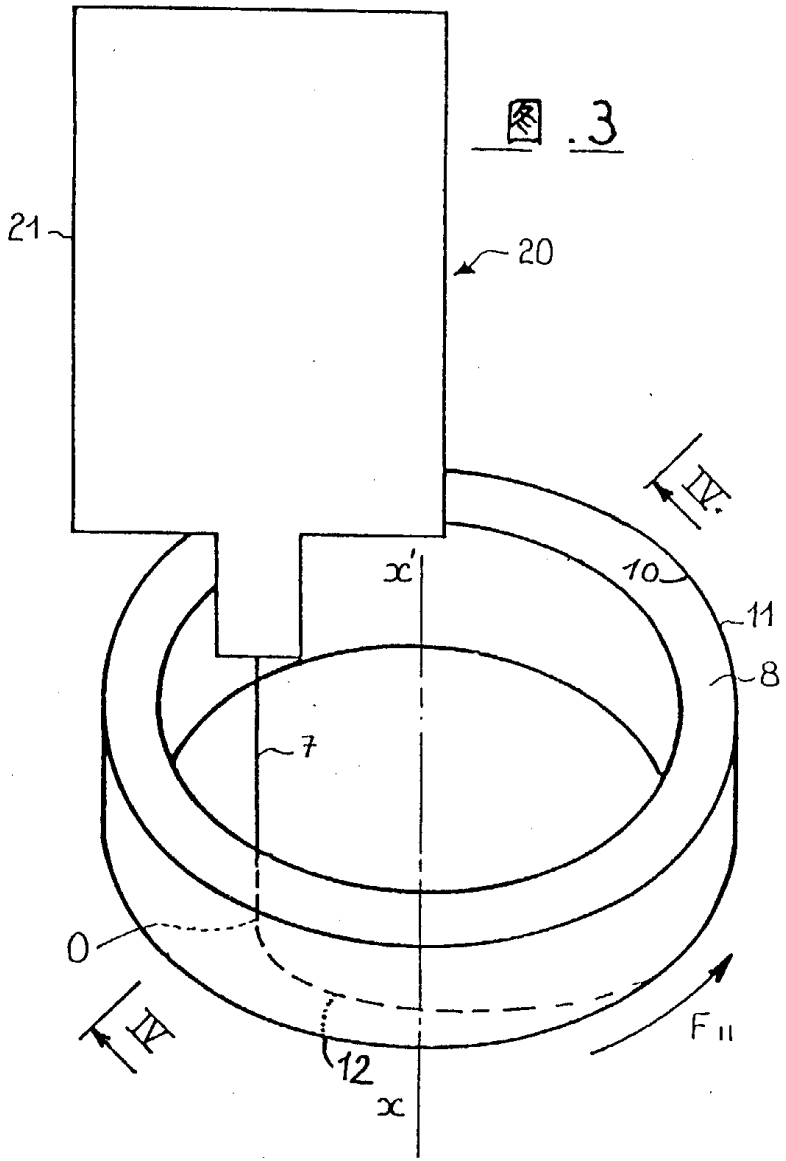


图 .3

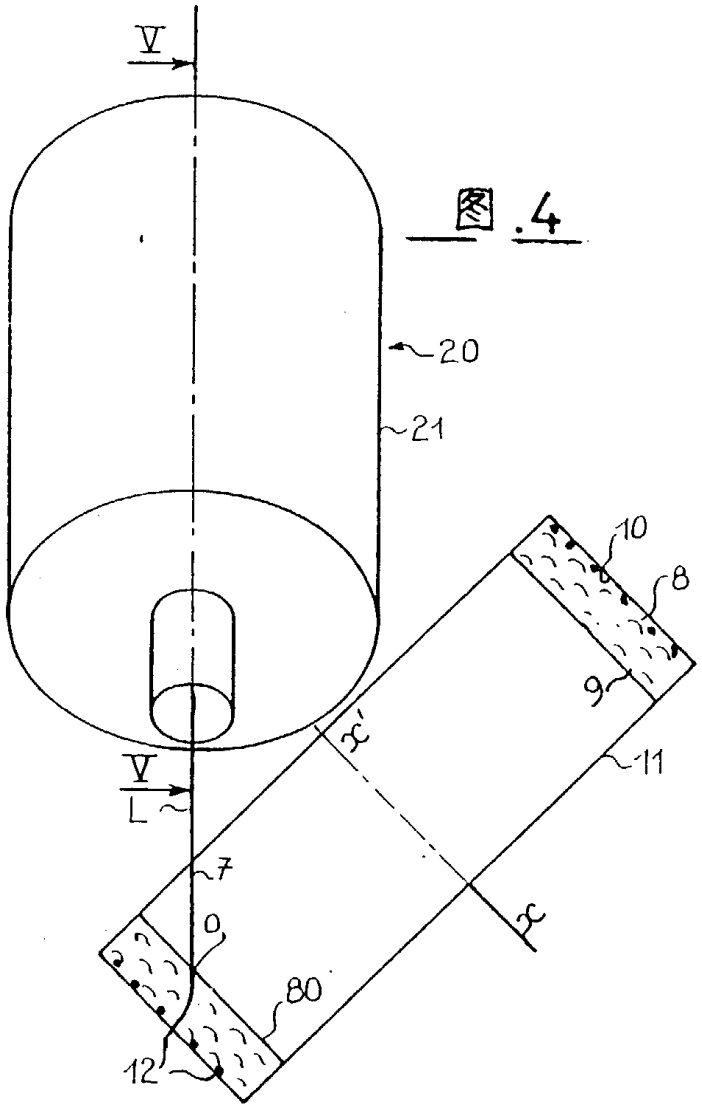


图 .4

图 .5

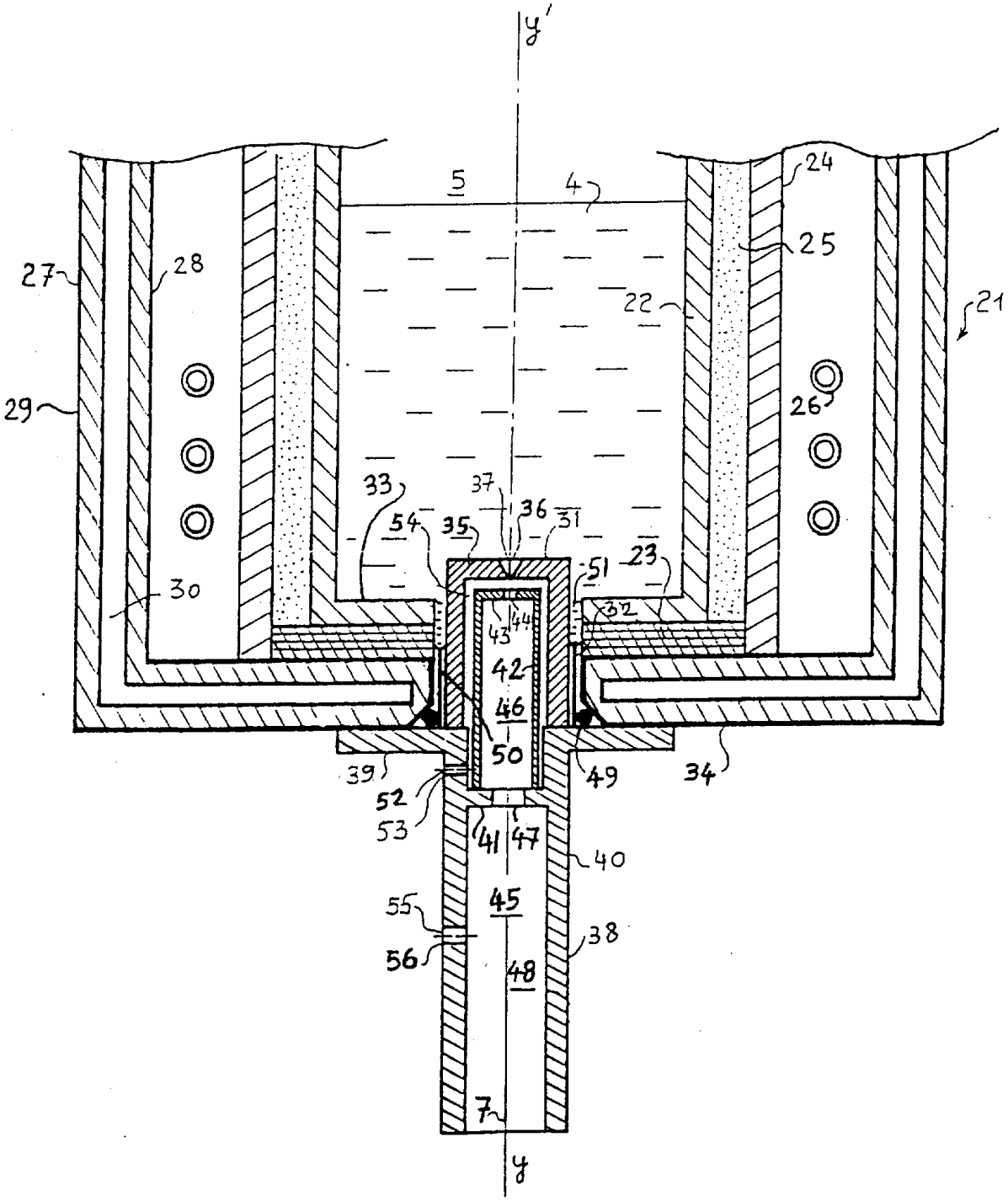

y'
5
4
24
25
27
28
22
21
29
26
33
37
36
54
35
31
51
23
30
32
43
44
42
46
50
39
49
34
52
53
41
47
40
45
55
38
56
48
7
y

图 .6

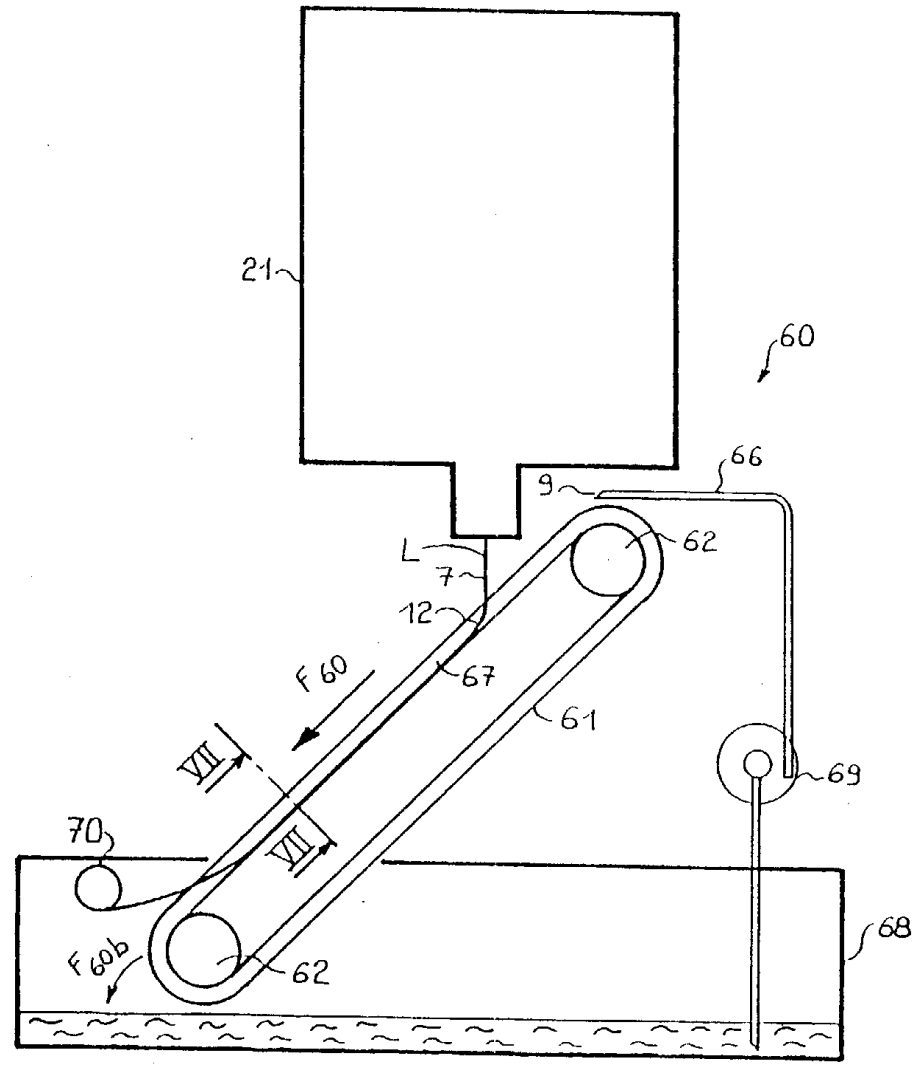


图 .7

