

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B21C 23/08 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510042990.6

[45] 授权公告日 2007 年 2 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1298452C

[22] 申请日 2005.7.25

[21] 申请号 200510042990.6

[73] 专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

[72] 发明人 张忠明 徐春杰 郭学锋

[56] 参考文献

JP5 - 305380A 1993.11.19

CN1443609A 2003.9.24

US20040084119A1 2004.5.6

JP60 - 92012A 1985.5.23

JP61 - 163223A 1986.7.23

审查员 曹 宇

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公  
司  
代理人 罗 笛

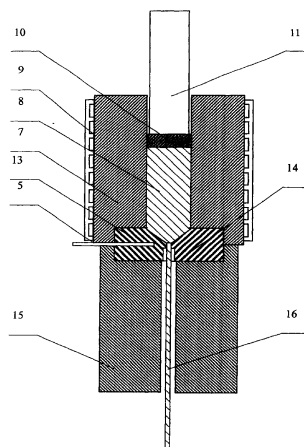
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

镁合金丝材挤压方法

[57] 摘要

本发明属于有色金属塑性成型技术领域，具体涉及一种镁合金丝材挤压方法，首先，将经表面处理后的被挤压镁合金坯料放在往复式挤压装置的大挤压桶、小挤压桶、第一半凹模和第二半凹模围成的模具型腔中，在保持温度为  $300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$  的条件下，用压力机使被挤压镁合金坯料进行往复挤压过程，达到设计的挤压道次后，换成丝材连续挤压装置，使温度回升至  $300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ ，挤压经往复挤压的镁合金坯料得到镁合金丝材。本发明的方法利用镁合金在往复挤压过程中坯料晶粒尺寸的细化，塑性得到提高的特点，再直接挤压成为细直径的丝材，挤压时压力低，操作方便，而且得到的镁合金丝材品质优良。



1. 一种镁合金丝材挤压方法，首先将被挤压镁合金坯料（8）放在往复挤压装置内，按设计的道次往复挤压后，再换成丝材连续挤压装置，将被挤压镁合金坯料（8）挤压成丝材，

所述往复挤压装置包括大挤压桶（7）和小挤压桶（2），两者之间设置有模腔和外形均为半圆形的第一半凹模（6）和第二半凹模（12），大挤压桶（7）、小挤压桶（2）、第一半凹模（6）和第二半凹模（12）围成模具型腔，用于放置被挤压镁合金坯料（8），被挤压镁合金坯料（8）两端分别放置有第一挤压杆（3）和第二挤压杆（11），第一挤压杆（3）和第二挤压杆（11）与被挤压镁合金坯料（8）之间分别垫有第一挤压垫（4）和第二挤压垫（10），大挤压桶（7）和小挤压桶（2）的外壁分别缠绕有大挤压桶电阻加热体（9）和小挤压桶电阻加热体（1），第一半凹模（6）中插有测温热电偶（5）；

所述丝材连续挤压装置包括大挤压桶（7），大挤压桶（7）的下端设置有模腔和外形均为半圆形的第三半凹模（13）和第四半凹模（14），第三半凹模（13）和第四半凹模（14）合模后的孔径为  $\phi 2 \text{ mm} \sim \phi 10 \text{ mm}$ ，锥模腔倾角为  $100^\circ \sim 150^\circ$ ，大挤压桶（7）和第三半凹模（13）、第四半凹模（14）围成模具型腔，用于放置被挤压镁合金坯料（8），被挤压镁合金坯料（8）上放置第二挤压垫（10）和第二挤压杆（11），第三半凹模（13）和第四半凹模（14）下面垫有U型挤压垫（15），大挤压桶（7）的外壁缠绕大挤压桶电阻加热体（9），第三半凹模（13）中插有测温热电偶（5）；

其特征在于，该方法按以下步骤进行，

首先，用压力机将往复挤压装置的第一半凹模（6）和第二半凹模（12）

压入大挤压桶(7)后,再压入小挤压桶(2)进行合模,将经除锈除污后再涂上润滑脂的被挤压镁合金坯料(8)装入大挤压桶(7)、小挤压桶(2)、第一半凹模(6)和第二半凹模(12)围成的模具型腔中;

接着给大挤压桶电阻加热体(9)和小挤压桶电阻加热体(1)通电,当达到 $300^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 时保持此温度,启动压力机,压力机分别通过压第一挤压杆(3)和第二挤压杆(11)来使被挤压镁合金坯料(8)在第一半凹模(6)和第二半凹模(12)之间被挤压变细、穿过第一半凹模(6)和第二半凹模(12)的另一端又被压缩墩粗来进行往复挤压过程;

达到设计的挤压道次后,取下小挤压桶电阻加热体(1)、小挤压桶(2)、第一挤压杆(3)、第一挤压垫(4)、测温热电偶(5)、第一半凹模(6)和第二半凹模(12),分别安装好第三半凹模(13)、第四半凹模(14)、测温热电偶(5),并在组装好的模具下垫上U型挤压垫(15),成为丝材连续挤压装置;

再给大挤压桶电阻加热体(9)通电,当型腔的温度回升至 $300^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 时,保持此温度,启动压力机,调节压力机压力,控制出丝速度,压力机压下第二挤压杆(11)和第二挤压垫(10),被挤压镁合金坯料(8)被压向下运动,经第三半凹模(13)和第四半凹模(14)中间的孔即被挤压成镁合金丝材(16)。

2. 按照权利要求1所述的挤压方法,其特征在于,所述出丝速度控制为 $0.5\text{m}/\text{min}\sim 5\text{m}/\text{min}$ 。

3. 按照权利要求1所述的挤压方法,其特征在于,所述第三半凹模(13)和第四半凹模(14)采用热作模具钢4Cr5MoV1Si制作。

4. 按照权利要求1所述的挤压方法,其特征在于,所述U型挤压垫(15)

采用模具钢 Cr12MoV 制作。

## 镁合金丝材挤压方法

### 技术领域

本发明属于有色金属塑性成型技术领域，涉及一种金属材料的挤压方法，具体涉及镁合金丝材的挤压方法。

### 背景技术

镁及镁合金具有低比重、高比强度和比刚度以及较低的原材料价格等显著优点，已成为现代汽车、电子、通信等行业的首选材料。生产各种镁合金的焊接产品需要大量的镁合金丝材制备的焊条或焊丝。一般地，焊丝在小批量生产时可用金属型铸造法生产，大批量生产时可由挤压成型制造。常规的金属型铸造法生产焊丝工序简单，成本小，但生产效率和工艺出品率低，焊丝容易出现气孔、夹渣等缺陷，焊丝的成分均匀性、合金元素的含量不易控制；由于镁挤压产品表面不光滑，易于出现裂纹，挤压通路易堵塞等，因此用常规挤压法生产镁合金焊丝难度很大，而且目前采用挤压法生产的焊丝均为变形镁合金系列。但是，随着镁合金的扩大应用，高合金含量多合金品种的镁合金逐渐多起来，焊接这些高合金含量的母材合金时，就希望得到同材质的高质量接头或焊补时得到同材质焊补，因此需要高合金含量的焊丝。

在大连理工大学金文中、刘黎明等著《AZ61 镁合金焊丝的成形工艺及性能的研究和进展》（《上海有色金属》2004年125卷11期P1-4）文章中，叙述了在400℃将 $\phi 44\text{mm} \times (60 \sim 80)\text{mm}$ 的AZ61镁合金坯料热挤压成 $\phi 3.0\text{mm}$ 、 $\phi 1.6\text{mm}$ 、 $\phi 1.2\text{mm}$ 焊丝的技术；大连理工大学的董长富、刘黎明等著《镁合金焊丝挤压成形过程挤压力的研究》（《塑性工程学报》2004年11卷13期P35-38）文章中，记载了在400℃将 $\phi 44\text{mm} \times (60 \sim 80)\text{mm}$ 的

AZ31 镁合金坯料热挤压成  $\phi 3.0\text{mm}$ 、 $\phi 2.14\text{mm}$ 、 $\phi 2.10\text{mm}$ 、 $\phi 1.6\text{mm}$ 、 $\phi 1.2\text{mm}$  焊丝的技术，并且已将此技术申请了国家专利保护，专利 ZL03111456.3《镁合金丝连续挤压方法》（公开号 1443609，公开日 2003 年 9 月 24 日）。但是这些技术在挤压时坯料和模具温度始终维持在  $400^{\circ}\text{C}\sim 450^{\circ}\text{C}$  左右，镁合金为半固态，并且为防坯料熔断用氮气吹挤压模出口处，并要在合理的润滑剂等条件下，甚至需要采用热挤压与热拉拔的复合工艺条件下才能完成，对模具和挤压机的要求几近苛求，挤压成本极高，效率极低，且只能挤压合金含量较低的镁合金。由于上述的挤压工艺中镁合金处于半固态，对于高合金含量的镁合金，将发生相变并且热挤压坯料极易氧化，模具长期处于高温工作状态对模具寿命也是不利的，因此挤压成本相对较高，效率较低。

## 发明内容

本发明的目的在于提供一种镁合金丝材的挤压方法，解决了现有挤压工艺上的不足，能够制备出高合金含量的镁合金丝材，而且挤压成本低，效率高。

本发明所采用的技术方案是，镁合金丝材挤压方法，首先将被挤压镁合金坯料放在往复式挤压装置内，按设计的道次往复挤压后，再换成丝材连续挤压装置，将被挤压镁合金坯料挤压成丝材，

往复式挤压装置包括大挤压桶和小挤压桶，两者之间设置有模腔和外形均为半圆形的第一半凹模和第二半凹模，大挤压桶、小挤压桶、第一半凹模和第二半凹模围成模具型腔，用于放置被挤压镁合金坯料，被挤压镁合金坯料两端分别放置有第一挤压杆和第二挤压杆，第一挤压杆和第二挤压杆与被挤压镁合金坯料之间分别垫有第一挤压垫和第二挤压垫，大挤压桶和小挤压桶的外壁分别缠绕有大挤压桶电阻加热体和小挤压桶电阻加热体，第一半凹

模中插有测温热电偶；

丝材连续挤压装置包括大挤压桶，大挤压桶的下端设置有模腔和外形均为半圆形的第三半凹模和第四半凹模，第三半凹模和第四半凹模合模后的孔径为  $\phi 2\text{ mm} \sim \phi 10\text{ mm}$ ，锥模腔倾角为  $100^\circ \sim 150^\circ$ ，大挤压桶和第三半凹模、第四半凹模围成模具型腔，用于放置被挤压镁合金坯料，被挤压镁合金坯料上放置第二挤压垫和第二挤压杆，第三半凹模和第四半凹模下面垫有 U 型挤压垫，大挤压桶的外壁缠绕大挤压桶电阻加热体，第三半凹模中插有测温热电偶；

该方法按以下步骤进行，

首先，用压力机将往复式挤压装置的第一半凹模和第二半凹模压入大挤压桶后，再压入小挤压桶进行合模，将经除锈除污后再涂上润滑脂的被挤压镁合金坯料装入大挤压桶、小挤压桶、第一半凹模和第二半凹模围成的模具型腔中；

接着给大挤压桶电阻加热体和小挤压桶电阻加热体通电，当达到  $300^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$  时保持此温度，启动压力机，压力机分别通过压第一挤压杆和第二挤压杆来使被挤压镁合金坯料在第一半凹模和第二半凹模之间被挤压变细、穿过第一半凹模和第二半凹模的另一端又被压缩镦粗来进行往复挤压过程；

达到设计的挤压道次后，取下小挤压桶电阻加热体、小挤压桶、第一挤压杆、第一挤压垫、测温热电偶、第一半凹模和第二半凹模，分别安装好第三半凹模、第四半凹模、测温热电偶，并在组装好的模具下垫上 U 型挤压垫，成为丝材连续挤压装置；

再给大挤压桶电阻加热体通电，当型腔的温度回升至  $300^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$  时，

保持此温度，启动压力机，调节压力机压力，控制出丝速度，压力机压下第二挤压杆和第二挤压垫，被挤压镁合金坯料被压向下运动，经第三半凹模和第四半凹模中间的孔即被挤压成镁合金丝材。

本发明的特点还在于，出丝速度控制为  $0.5\text{m}/\text{min}\sim 5\text{m}/\text{min}$ 。

第三半凹模（13）和第四半凹模（14）采用热作模具钢 4Cr5MoV1Si 制作。

U 型挤压垫（15）采用模具钢 Cr12MoV 制作。

本发明的方法利用镁合金在往复挤压过程中坯料晶粒尺寸的细化，塑性得到提高的特点，再直接挤压成为细直径的丝材，挤压时压力低，易于挤压，适用于各种压力机，出丝速度快，操作方便，并且高合金的镁合金在挤压过程中温度相对较低，只有  $300^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，镁合金不会发生相变，并在热挤压坯料过程中不会氧化，模具也能长期工作，因此挤压成本相对较低，效率较高。该方法制备得到的镁合金丝材品质优良，而且该方法也适用于挤压其它各种轻合金或难挤压的高合金丝材。

## 附图说明

图 1 是实现本发明方法的往复式挤压装置结构示意图；

图 2 是图 1 的俯视图；

图 3 是实现本发明方法的丝材连续挤压装置示意图；

图 4 是图 3 的俯视图。

图中，1. 小挤压桶电阻加热体，2. 小挤压桶，3. 第一挤压杆，4. 第一挤压垫，5. 测温热电偶，6. 第一半凹模，7. 大挤压桶，8. 被挤压镁合金坯料，9. 大挤压桶电阻加热体，10. 第二挤压垫，11. 第二挤压杆，12. 第二半凹模，13. 第三半凹模，14. 第四半凹模，15. U 型挤压垫，16. 镁合金丝材。



## 具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

图 1、图 2 是实现本发明方法的往复式挤压装置结构示意图。该装置包括大挤压桶 7 和小挤压桶 2,两者之间设置有第一半凹模 6 和第二半凹模 12,大挤压桶 7、小挤压桶 2、第一半凹模 6 和第二半凹模 12 围成模具型腔,当被挤压镁合金坯料 8 放入该型腔中,其两端分别放置第一挤压杆 3 和第二挤压杆 11,第一挤压杆 3 和第二挤压杆 11 与被挤压镁合金坯料 8 之间分别垫有第一挤压垫 4 和第二挤压垫 10,大挤压桶 7 和小挤压桶 2 的外壁分别缠绕大挤压桶电阻加热体 9 和小挤压桶电阻加热体 1,第一半凹模 6 中插有测温热电偶 5。第一半凹模 6 和第二半凹模 12 的模腔和外形均为半圆形,合模后第一半凹模 6 中心的半圆小孔与第二半凹模 12 的半圆小孔构成一个完整的圆孔,被挤压镁合金坯料 8 通过这个孔被挤压变细。

图 3、图 4 是实现本发明方法的丝材连续挤压装置示意图。大挤压桶 7 和第三半凹模 13、第四半凹模 14 围成模具型腔,被挤压镁合金坯料 8 放入该型腔中时,被挤压镁合金坯料 8 上放上第二挤压垫 10 和第二挤压杆 11,该型腔的下面垫有 U 型挤压垫 15,大挤压桶 7 的外壁缠绕大挤压桶电阻加热体 9,第三半凹模 13 中插有测温热电偶 5。第三半凹模 13 和第四半凹模 14 的模腔和外形也均为半圆形,合模后两者形成的中间孔径为  $\phi 2\text{ mm} \sim \phi 10\text{ mm}$ 、锥模腔倾角为  $100^\circ \sim 150^\circ$ ,最后的精整段  $3\text{ mm} \sim 8\text{ mm}$ ,经往复挤压后的被挤压镁合金坯料 8 通过这个锥孔逐渐变细,最终通过最后的整形小孔被挤压成丝材。采用热作模具钢 4Cr5MoV1Si 制作第三半凹模 13 和第四半凹模 14,采用模具钢 Cr12MoV 制作 U 型挤压垫 15。

本发明的镁合金丝材挤压方法,按以下步骤进行:

首先，将图 1 所示的往复式挤压装置放在压力机上，用压力机将第一半凹模 6 和第二半凹模 12 压入大挤压桶 7 后，再压入小挤压桶 2 进行合模，将经加工并外表除锈除污后再涂上  $\text{MoS}_2$  润滑脂的被挤压镁合金坯料 8 装入大挤压桶 7、小挤压桶 2、第一半凹模 6 和第二半凹模 12 围成的模具型腔中；

接着给大挤压桶电阻加热体 9 和小挤压桶电阻加热体 1 通电，通过测温热电偶 5 测量加热温度，当达到  $300^\circ\text{C}\sim 350^\circ\text{C}$  时保持此温度，启动压力机，压力机分别通过压第一挤压杆 3 和第二挤压杆 11 来使被挤压镁合金坯料 8 在第一半凹模 6 和第二半凹模 12 之间被挤压变细、穿过第一半凹模 6 和第二半凹模 12 的另一端又被压缩墩粗来进行往复挤压过程，通过交互施加不同方向的压力，使被挤压镁合金坯料 8 反复挤压和墩粗，经设计的道次往复挤压后，使坯料产生揉搓作用，就可产生强烈的塑性变形，同时发生动态再结晶而使晶粒得到显著细化；

然后，取下小挤压桶电阻加热体 1、小挤压桶 2、第一挤压杆 3、第一挤压垫 4、测温热电偶 5、第一半凹模 6 和第二半凹模 12，分别安装好第三半凹模 13、第四半凹模 14、测温热电偶 5，并在组装好的模具下垫上 U 型挤压垫 15，成为图 3、图 4 所示的装置；

再给大挤压桶电阻加热体 9 通电，通过测温热电偶 5 测量加热温度，当型腔的温度回升至  $300^\circ\text{C}\sim 350^\circ\text{C}$  时，保持此温度，启动压力机，通过设定压力机的压力大小控制出丝速度，出丝速度控制在  $0.5\text{m}/\text{min}\sim 5\text{m}/\text{min}$  范围内，压力机压下第二挤压杆 11 和第二挤压垫 10，被挤压镁合金坯料 8 被压向下运动，经细晶化的被挤压镁合金坯料 8 经第三半凹模 13 和第四半凹模 14 中间的孔即被挤压成镁合金丝材 16。

实施例

往复挤压 AZ91D 镁合金后连续挤压成  $\phi 5\text{mm}$  的镁合金丝材。

备料 将工业态 AZ91D 镁合金铸锭重新熔铸成直径比挤压筒内孔直径大  $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$  的圆柱形的铸锭, 经去应力退火后再将该铸锭机加工成直径比挤压筒内孔直径小  $0.2\text{mm}$  的圆柱形的铸锭, 去掉加工油污在侧壁及上表面涂上  $\text{MoS}_2$  润滑脂;

首先, 将往复式挤压装置放在压力机上, 用压力机将第一半凹模 6 和第二半凹模 12 压入大挤压桶 7 后, 再压入小挤压桶 2 进行合模, 将上述处理过的被挤压 AZ91D 镁合金铸锭 8 装入大挤压桶 7、小挤压桶 2、第一半凹模 6 和第二半凹模 12 围成的模具型腔中;

接着给小挤压桶电阻加热体 1 和大挤压桶电阻加热体 9 通电, 由测温热电偶 5 测得的温度达到  $300^\circ\text{C}$  时保持此温度, 启动压力机, 压力机分别通过压第一挤压杆 3 和第二挤压杆 11 来使被挤压 AZ91D 镁合金铸锭 8 在第一半凹模 6 和第二半凹模 12 之间被挤压变细、穿过第一半凹模 6 和第二半凹模 12 的另一端又被压缩墩粗来进行往复挤压过程, 此过程中始终保持  $300^\circ\text{C}$  的温度, 经往复挤压 6 道次后, 被挤压 AZ91D 镁合金铸锭 8 的晶粒得到显著细化;

然后, 取下小挤压桶电阻加热体 1、小挤压桶 2、第一挤压杆 3、第一挤压垫 4、测温热电偶 5、第一半凹模 6 和第二半凹模 12, 分别安装好第三半凹模 13、第四半凹模 14、测温热电偶 5, 并在组装好的模具下垫上 U 型挤压垫 15, 第三半凹模 13、第四半凹模 14 围成的孔径为  $\phi 5\text{mm}$ , 锥模腔倾角为  $100^\circ$ ;

再给大挤压桶的电阻加热体 9 通电, 当温度回升至  $300^\circ\text{C}$  时, 启动压力机, 设定压力机的压力大小  $5\sim 8\text{MPa}$ , 使出丝速度为  $5\text{m}/\text{min}$ , 压力机压下

第二挤压杆 11，第二挤压垫 10 压着被挤压 AZ91D 镁合金铸锭 8 向下运动，被挤压 AZ91D 镁合金铸锭 8 经第三半凹模 13 和第四半凹模 14 中间的孔即被挤压成  $\phi 5 \text{ mm}$  的镁合金丝材 16。

本发明的方法思路新颖，由于采用  $300^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$  温度范围挤压，该温度不会使高合金含量的镁合金在热挤压过程中发生组织相变，同时，采用热作模具钢 4Cr5MoV1Si 制作的第三半凹模 13 和第四半凹模 14 也可以在该温度范围长期工作，该方法制备的丝材表面光洁无裂纹，内部组织致密，而且操作方便，生产效率高。

本发明适合于各种轻合金或难挤压合金的挤压，尤其适合于镁合金的挤压，能得到  $\phi 2 \text{ mm} \sim \phi 10\text{mm}$  的丝材。

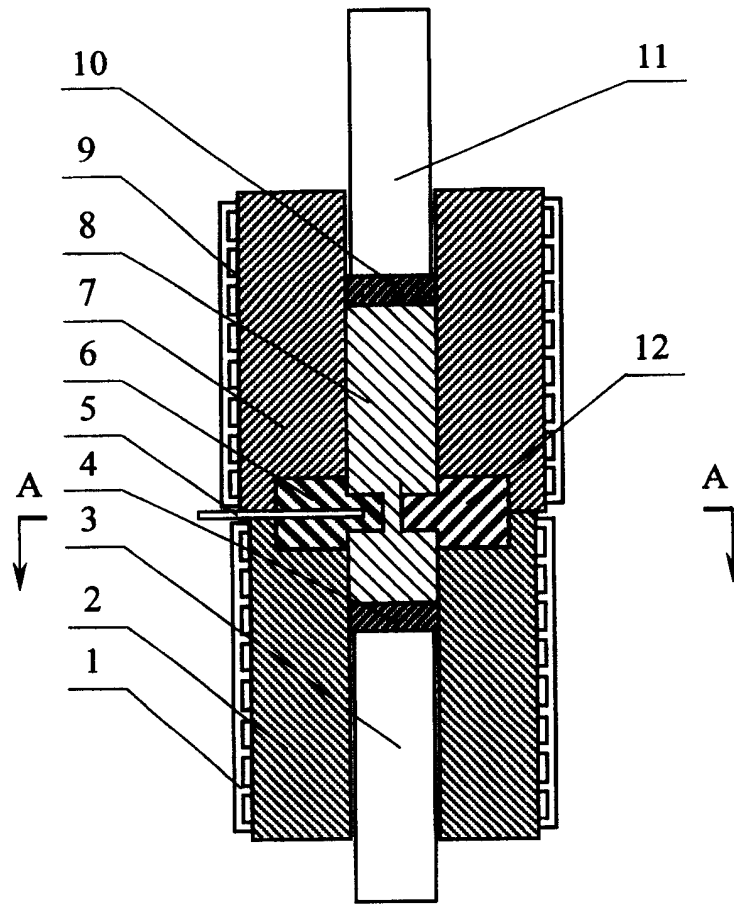


图 1

A-A

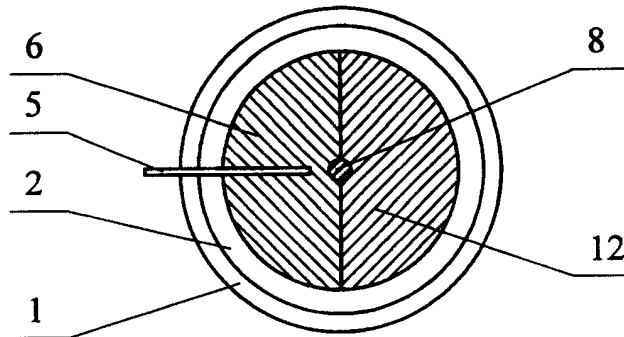


图 2

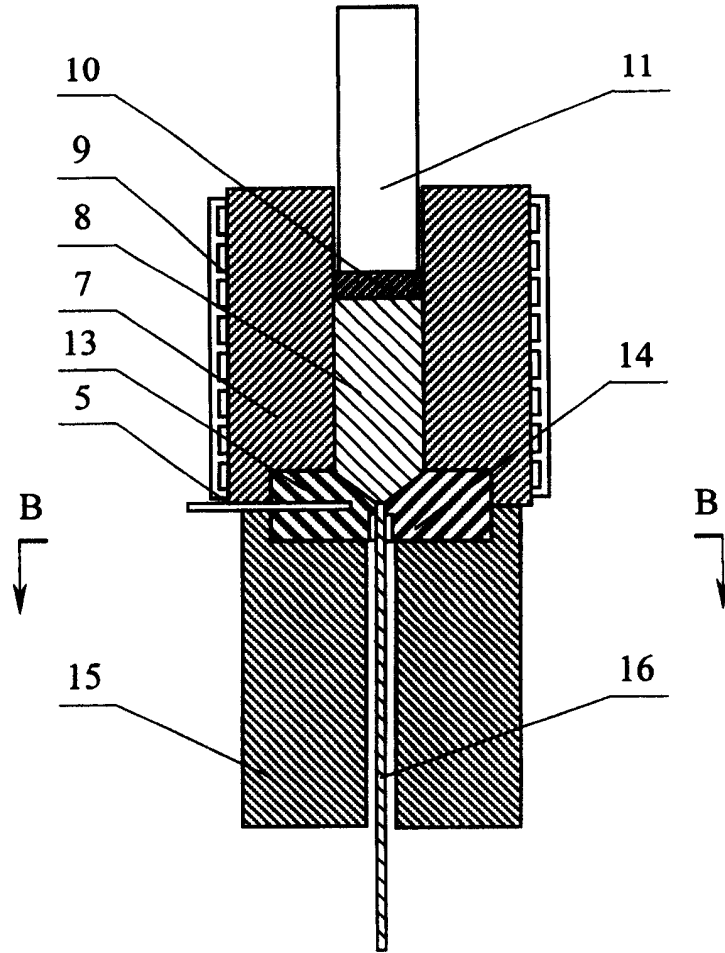


图 3

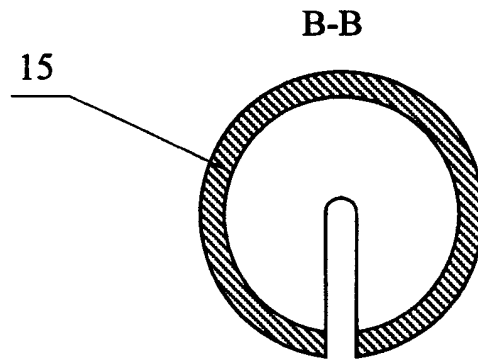


图 4