

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710019672.7

[51] Int. Cl.

G21B 1/17 (2006.01)

B23P 23/04 (2006.01)

B23K 37/04 (2006.01)

[43] 公开日 2007年9月26日

[11] 公开号 CN 101042944A

[22] 申请日 2007.1.29

[21] 申请号 200710019672.7

[71] 申请人 中国科学院等离子体物理研究所
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路 350 号
1126 信箱

[72] 发明人 姚达毛 姚国强 张思根 武松涛
诸宝飞

[74] 专利代理机构 合肥华信专利商标事务所
代理人 余成俊

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法

[57] 摘要

本发明公开了一种“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法，将“D”形截面环形双层壁容器，设计分割成多个扇段，按各扇段内层壁和外层壁的展开形状，分块下料，其中除用于直线段块料外，其余部分块料用模具冲压成和“D”形扇段内层壁或外层壁匹配的双曲面；制作内层壁焊接工装，依次焊接内层壁与外层壁。最后将各扇段焊接成环形真空容器。本发明有合理的结构设计及优化，采用了极为简单的工艺与极低成本的技术制造出结构复杂，精度要求高的用于前沿科学研究的真空容器，为先进设备在有限条件下进行研制开了先河。

1、“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法，其特征在于包括以下步骤：

(1)、将“D”形截面环形双层壁容器，设计分割成多个扇段，按各扇段内层壁和外层壁的展开形状，分块下料，其中除用于直线段块料外，其余部分块料用模具冲压成和“D”形扇段内层壁或外层壁匹配的双曲面；同时，制作内层壁和外层壁之间的加强筋；

(2)、加工一个外表面形状与真空容器内层壁双曲面及直线段形状一致的“D”形焊接工装，该工装是由固定安装成一体的若干符合“D”形截面形状的筋板和直线筋板组成；

(3)、将构成每一扇段的内层壁的直线段块料和冲压块料贴紧焊接工装，并与焊接工装上的筋板点焊在一起，使块料表面形状和工装表面形状一致，最后形成完整的内层壁形状；

(4)、在内层壁外沿“D”形截面方向焊接加强筋，加强筋的截面形状也构成“D”形，这时，焊接在内层壁上的加强筋构成了外层壁的焊接工装；

(5)、在加强筋外贴合焊接构成外层壁的块料，使块料表面形状和加强筋外表面形状一致，最后形成完整的外层壁形状；

(6)、在各个扇段上开有物料进出口；

(7)、将焊接好的各扇段与焊接工装一起进行振动，以消除应力；

(8)、再将扇段从焊接工装上卸下；

(9)、焊接扇段两端面板；

(10)、获得所需要的所有扇段，全部扇段挂在与“D”形截面环形双层壁容器的直线段所形成的圆筒直径一致的圆筒工装上，将相邻扇段相互焊接成一体，形成一个“D”形环的形状，得到所需要的环形容容器。

“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法

技术领域

本发明属于一种磁约束核聚变领域，具体是一种核聚变反应中应用的“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法。

磁约束核聚变研究，需要在超高真空条件下进行，而且要求在真空容器外部安装不同类型的磁体，为核聚变反应的等离子体提供特定的磁场环境，同时要求对真空容器进行均匀加热与冷却，容器的截面形状为近似与“D”的形状，而且该容器必须能够承载实验过程中产生的强大电磁力。

由于该真空容器体积庞大，结构复杂，精度要求高，如何在低成本与简易条件下制作，是一个十分困难的问题。

发明内容

本发明是提供一种“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法，在低成本与简易条件下，制作出高精度的符合要求的复杂形状的真​​空容器。

本发明的技术方案如下：

“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法，包括以下步骤：

(1)、将“D”形截面环形双层壁容器，设计分割成多个扇段，按各扇段内层壁和外层壁的展开形状，分块下料，其中除用于直线段块料

外，其余部分块料用模具冲压成和“D”形扇段内层壁或外层壁匹配的双曲面；同时，制作内层壁和外层壁之间的加强筋；

(2)、加工一个外表面形状与真空容器内层壁双曲面及直线段形状一致的“D”形焊接工装，该工装是由固定安装成一体的若干符合“D”形截面形状的筋板和直线筋板组成；

(3)、将构成每一扇段的内层壁的直线段块料和冲压块料贴紧焊接工装，并与焊接工装上的筋板点焊在一起，使块料表面形状和工装表面形状一致，最后形成完整的内层壁形状；

(4)、在内层壁外沿“D”形截面方向焊接加强筋，加强筋的截面形状也构成“D”形，这时，焊接在内层壁上的加强筋构成了外层壁的焊接工装；

(5)、在加强筋外贴合焊接构成外层壁的块料，使块料表面形状和加强筋外表面形状一致，最后形成完整的外层壁形状；

(6)、在各个扇段上开有物料进出口；

(7)、将焊接好的各扇段与焊接工装一起进行振动，以消除应力；

(8)、再将扇段从焊接工装上卸下；

(9)、焊接扇段两端面板；

(10)、获得所需要的所有扇段，全部扇段挂在与“D”形截面环形双层壁容器的直线段所形成的圆筒直径一致的圆筒工装上，将相邻扇段相互焊接成一体，形成一个“D”形环的形状，得到所需要的环形容器。

在进行本发明真空容器的设计时，考虑到制造工艺上实现的可能

性和实际装置本身的需要，将双层壁超高真空容器分成若干扇段来设计。各扇段分别设计成满足形状要求的双层壁，为能够承受电磁载荷和满足今后要进行的加热与冷却的需要，每段都在双层壁之间加有加强筋，且加强筋使每段在双层壁之间形成可供流体流动的通道，并对每一段均进行受力分析和流场分析，使结构达到最优化。

制造方法是，首先按每一扇段的展开形状按“D”形截面的曲线分段下料（通常分成五段，包括外层壁与内层壁及直线段），由于每一块料需除用于直线段外，需要做成截面方向和环向的双曲面，必需采用模压。为使制造工艺简单，降低制造成本，在曲面成型时采用分两步走的方法，先采用简单模具将材料压制接近所需要的双曲面形状，该简单模具是采用钢板焊接而成，其模压面只需进行比较粗的机加工，在压制时采用局部加垫的方法，使材料形状达到较粗的双曲面形状；然后加工一个外表面形状与真空容器内层壁设计双曲面形状一致的焊接工装，该工装的外表面是有若干沿“D”形小截面方向的筋板组成，很容易达到加工精度，将每一扇段的内层壁的五块压制好的双曲面材料与焊接工装上的筋板点焊在一起，并在点焊过程中使双曲面壁进一步局部变形，从而使其达到与焊接工装表面一致的形状，这样五块板材之间完成焊接就形成了精确的内层壁形状；双层壁之间的加强筋也设计成沿“D”形截面方向，且这些加强筋的形状可机加工到很高的精度，焊在内层壁的外表面上，就形成相当于外层壁的焊接工装，采用内层壁同样的焊接与校形的方法，就可以获得精度达到要求的外层壁的双曲面形状；这时扇段成为夹层空间全封闭的箱体结

构。虽然箱体结构具有较强的刚性，但由于在焊接过程中是采用强制法来控制曲面形状和焊接变形的，需要消除残余应力。为了不在加热条件下改变用于制造真空容器的不锈钢材料的特性，将焊接好的扇段与工装一起进行振动，消除应力，再将扇段从工装上卸下，就获得达到精度要求，且有稳定形状的一段真空容器。所有扇段均采用此法进行焊接，最后机加工每一扇段的两端面，获得所需要的扇段角度，全部扇段通过直径与直段所形成的圆筒直径一致的圆筒工装来控制整个环的形状，组焊在一起便形成所需要的环形真空容器。

本发明有合理的结构设计及优化，采用了极为简单的工艺与极低成本的技术制造出结构复杂，精度要求高的用于前沿科学研究的真空容器，为先进设备在有限条件下进行研制开了先河。

附图说明

图 1 是内层壁和外层壁用块料冲压模具。

图 2 是扇段内层壁焊接工装。

图 3 是扇段“D”形截面示意图。

图 4 是扇段焊接用圆筒工装示意图。

图 5 是全部扇段焊接后俯视结构图。

具体实施方式

下面结合图对本发明进行进一步描述

“D”形截面环形双层壁超高真空容器制造方法，其特征在于包括以下步骤：

(1)、将“D”形截面环形双层壁容器，设计分割成多个扇段，其中

扇段结构包括内外层壁、两条内加强筋和两条端面加强筋（略去优化过程）；四条加强筋将每一扇段的夹层分成三个独立的空间，除了要在真空容器内层壁和/或外层壁上开孔，使今后用于加热或冷却的流体能流入流出外，在两条内加强筋上适当的位置需要开孔，使流体在夹层内均匀流动，不形成死空间，从而使加热和冷却都能达到均匀；按各扇段内层壁和外层壁的展开形状，分块下料，其中除用于直线段块料外，其余部分块料用模具冲压成和“D”形扇段内层壁或外层壁匹配的双曲面；同时，制作内层壁和外层壁之间的加强筋；

(2)、加工一个外表面形状与真空容器内层壁双曲面及直线段形状一致的“D”形焊接工装，该工装是由固定安装成一体的若干符合“D”形截面形状的筋板和直线筋板组成；

(3)、将构成每一扇段的内层壁的直线段块料和冲压块料贴紧焊接工装，并与焊接工装上的筋板点焊在一起，使块料表面形状和工装表面形状一致，最后形成完整的内层壁形状；

(4)、在内层壁外沿“D”形截面方向焊接加强筋，加强筋的截面形状也构成“D”形，这时，焊接在内层壁上的加强筋构成了外层壁的焊接工装；

(5)、在加强筋外贴合焊接构成外层壁的块料，使块料表面形状和加强筋外表面形状一致，最后形成完整的外层壁形状；

(6)、在各个扇段上开有物料进出口；

(7)、将焊接好的各扇段与焊接工装一起进行振动，以消除应力；

(8)、再将扇段从焊接工装上卸下；

(9)、机加工扇段两端面板，使扇段达到要求的角度与尺寸；

(10)、获得所需要的所有扇段，全部扇段挂在与“D”形截面环形双层壁容器的直线段所形成的圆筒直径一致的圆筒工装上，将相邻扇段相互焊接成一体，形成一个截面是“D”形的状状容器。

焊接工装是由钢板焊接而成，其制造成本是真正意义上模具制造成本的 1%；焊接工装也是由钢板焊接而成，其外表面的机加工精度容易保证，同时便于焊接操作；由于每一扇段的形状精度和所占角度精度能够保证，在组焊时就可保证整个环体的精度。

其中进行流场优化时，对不同扇段因为实验需要所开的实验窗口的形状和大小不一样，在加强筋上所开的孔的位置不一样。根据真空容器用途的区别，流体的流入与流出的孔可开在内层壁上，也可开在外层壁上，但需要保证每个扇段内形成流道。

本发明的不足之处在于适合进行单件或小批量生产，对大批量生产需要改进模具。

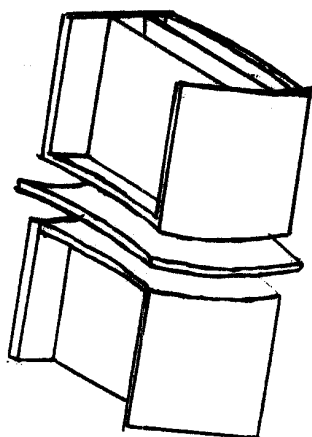


图1

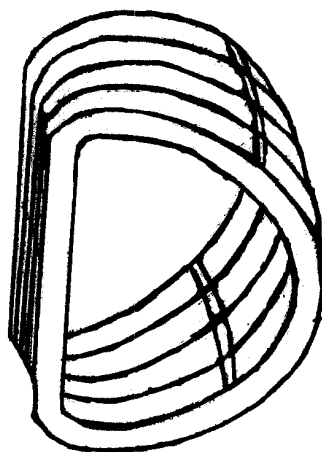


图2

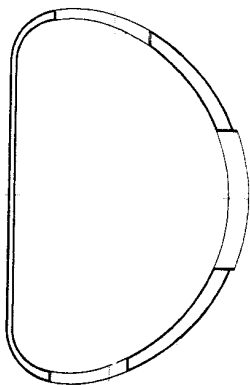


图3

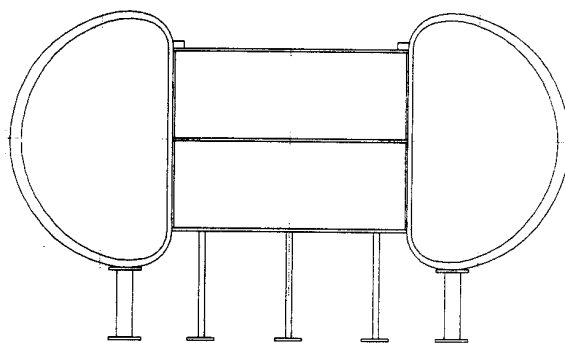


图4

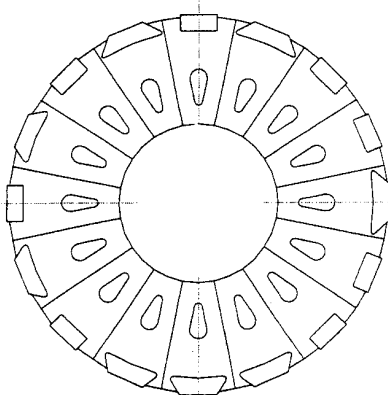


图5